موســوعــــة كـيـنـغـفـيـشر لـلـمـعـارف

الحياة المجهرية

تأليف: ريتشارد ووكر



الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.


منتدى إقراء الثقافي
www.iqra.ahlamontada.com
للكتب (كوردى , عربي , فارسي)





الحياة المجهرية



الصفحة السابقة: صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح تظهر كائنا هدبيا من وحيدات الخلية (DendrocometesParadoxus)، يبلغ طوله حوالي 100 مكرومتر، ويعيش على خياشيم الجامور، وهو حيوان قشري صغير. "اللوامس" المتشعبة تلتقط جسيمات الطعام العابرة. التكبير 1,600x.

الصفحة الحالية: تظهر هذه الصورة بالمجهر الضوئي نوعين من المتقورنات دوّامية السياط، وهي من وحيدات الخلية (الأولانيات) الشبيهة بالنبات. توجد المتقورنة في العوالق، أو الأحياء المجهرية التي تطفو على سطح مياه المحيطات. التكبير 370x.

الحياة المجهرية



ريتشارد ووكر

نقله إلى العربية
مركز ابن العماد للترجمة

الدار العربية للعلوم ناشرون ش.م.ل
Arab Scientific Publishers, Inc. SAL



بسم الله الرحمن الرحيم

يضم هذا الكتاب ترجمة الأصل الانكليزي
MICROSCOPIC LIFE

حقوق الترجمة العربية مرخص بها قانونياً من الناشر
Kingfisher Publications Plc,
بمقتضى الاتفاق الخطي الموقع بينه وبين الدار العربية للعلوم

ISBN 978-9953-87-263-6

الطبعة الأولى
1428هـ - 2007 م



الدار العربية للعلوم ناشرون ش.م.ل
Arab Scientific Publishers, Inc. SAL
عين التينة، شارع المفتي توفيق خالد، بناية الريم
هاتف: 860138 - 785108 - 785107 (1-961)
ص.ب: 5574-13 شوران - بيروت 2050-1102 - لبنان
فاكس: 786230 (1-961) - البريد الالكتروني: asp@asp.com.lb
الموقع على شبكة الانترنت: http://www.asp.com.lb

المحتويات

مقدمة

أمضيت حياتي كعالم أبحاث محاولا فهم كيفية تعامل الجسم البشري مع عمليات غزو تشنها أشكال حياتية أكثر بساطة، كالبكتيريا والفطريات والفيروسات. نحن نعرف ما نستطيع مشاهدته فقط. وقبل المجهر، وقبل النظرية الجرثومية للأمراض، اعتقد الناس أن العدوى تنجم عن أبخرة سامة (هواء فاسد)، نتيجة أفعال حاقدة لعدو شرير، أو نزوة من نزوات الآلهة. وفي السنوات التي انتشر فيها الطاعون في العصور الوسطى، تعرضت الأقليات للقتل بتهمة "تسميم الآبار" وأحرقت النساء (اللاتي كن يعشن بعزلة) بذريعة ممارسة السحر.

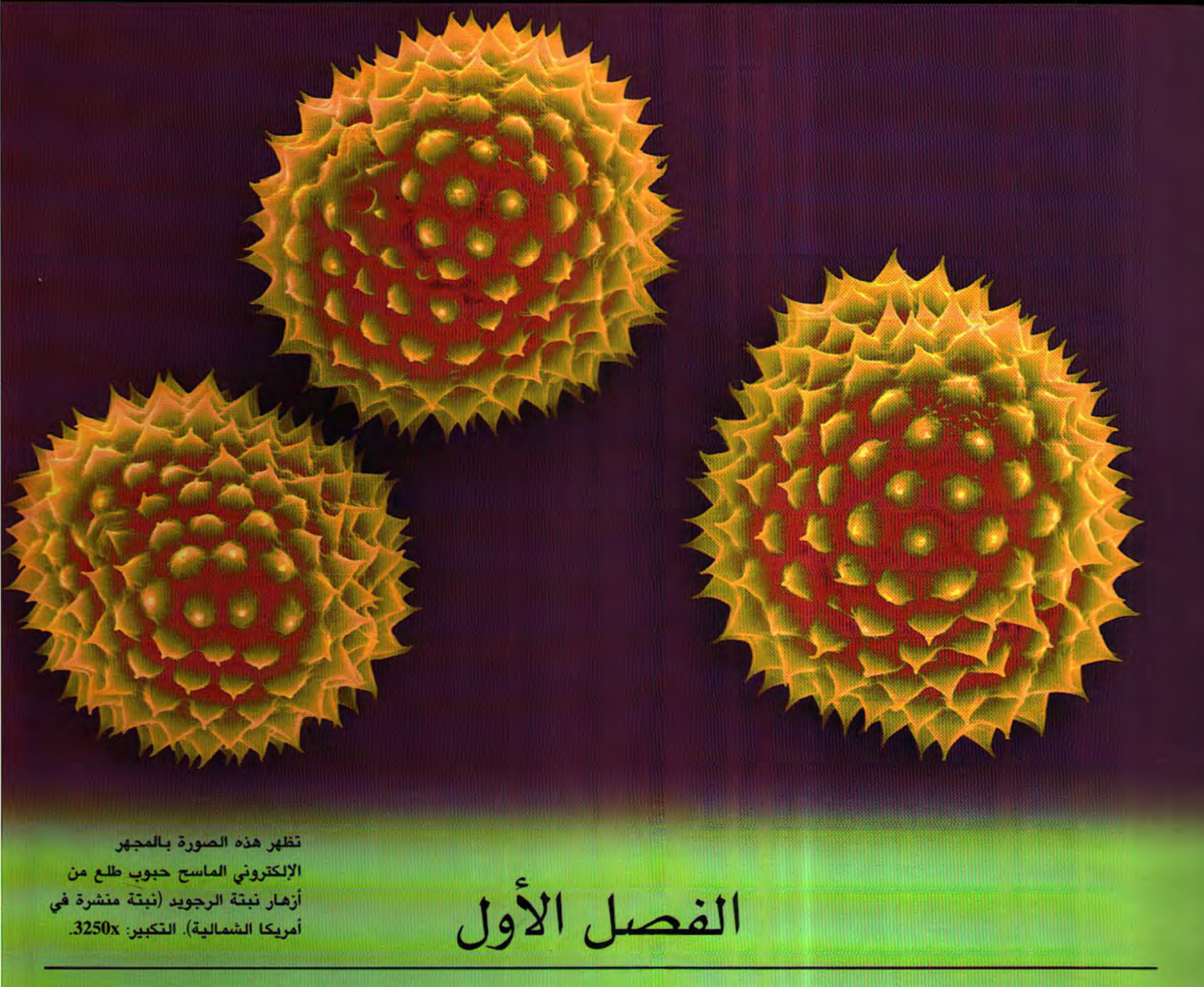
مع انتوني فان ليوينهوك، شاهد البشر لأول مرة تفاصيل الحياة التي تحيط بنا. إذ فتح أمامنا استعمال المجهر مبحث الجراثيم. وأصبح بإمكان روبرت كوخ رؤية الجرثومة المسببة للسل من خلال عدسة مجهره. اشتريت مؤخرا أداة نحاسية أنيقة صنعت عام 1882 من قبل شركة "ارنست ليتز" في وتزلر بألمانيا. تلت تلك السنة (1882) نشر داروين كتابه "أصل الأنواع" (1859)، لكنها سبقت اكتشاف رونالد روس "المتصورة" الأوالية (نوع من الطفيليات الدموية) المسببة للملاريا. لن يكون من الصعب على مجهري العتيق أحادي العدسة رؤية طفيلي الملاريا. ولكن يتعذر استعماله لمشاهدة فيروسات الأنفلونزا أو فيروس العوز المناعي البشري (HIV) الذي تتركز عليه بؤرة برنامج أبحاثي الحالية. إذ لا يمكن مشاهدة مثل هذه الكائنات إلا بواسطة المجاهر الإلكترونية، المستمرة بدفع فهمنا ومعارفنا قدما إلى الأمام مع تطور التكنولوجيا.

أما فريق الأبحاث الذي أقوده حاليا، في القرن الحادي والعشرين، فيستخدم مجموعة متنوعة من الأدوات المتطورة لتحليل خصائص استجابة المضيف لكل فيروس. وتتراوح هذه المعدات بين عدادات الكريات المتدفقة التي تعتمد على تقانة الحاسوب والليزر، وتمييز وتصنيف وفصل التجمعات اللمفاوية المستجيبة، وبين الدورات الحرارية التي تقوم بتضخيم الرسائل الجزيئية من أجل تحليلها باستعمال تقانة المجين (مجموع الجينات في الكائن). نحن نستخدم أدوات تجمع ما بين المجهرية الضوئية والتكنولوجيا الرقمية لقياس حجم المناعة الخلوية. معظم اختباراتنا تبدأ مع عالم أو تقني شاب يفحص التجمعات الخلوية بواسطة مجهر ضوئي تقليدي لا يختلف كثيرا عن مجهري القديم الذي يعود تاريخ صنعه إلى عام 1882.

ما زال العلم الحديث، والثورة التقدمية التي حملها في ركابه إلى البشر وأوضاعهم، يتقدم باطراد منذ 500 سنة تقريبا. عاش فان ليوينهوك بين عامي 1632–1723 (بإمكاننا مشاهدة مجهره البسيط في متحف بويرهاف في ليدن بهولندا). وتأسست أولى الأكاديميات العلمية العظيمة، "الجمعية الملكية" في لندن والقسم العلمي من "الأكاديمية الفرنسية"، في عامي 1660 و1663 على التوالي. ظل المجهر معنا منذ الأيام الأولى لهذا المشروع الضخم الذي أنار لنا العالم الطبيعي، فغير أسلوبنا في الحياة وطريقتنا في التفكير. أما القدرة على الرؤية فهي متاحة لأولي الألباب الذين يختارون النظر والاعتبار والتعلم.

البروفيسور بيتر سي. دوهيرتي

الفائز بجائزة نوبل للفيزيولوجيا (الطب) لعام 1996، وزميل الجمعية الملكية.



تظهر هذه الصورة بالمجهر الإلكتروني الماسح حبوب طلع من أزهار نبتة الرجويد (نبتة منتشرة في أمريكا الشمالية). التكبير: 3250x.

الفصل الأول

تكشف الحياة المجهرية

لنتخيل جسما بصغر رأس الإبرة المدبب. شيئا بالغ الصغر لدرجة إننا بالكاد نستطيع مشاهدته. الأن، لنحاول أن نتخيل شيئا أصغر. لماذا؟ لأن هناك عالما مدهشا يكمن وراء قدرتنا على الرؤية تسكنه أعداد هائلة من المخلوقات متناهية الصغر تدعى الكائنات المجهرية الدقيقة أو الجراثيم تقل أحجامها بمئات بل آلاف المرات عن رأس الإبرة تلك. نحن نعلم بأن هذه المخلوقات موجودة لأن المجهر يكبر أصغر أشكال الحياة ليمكننا من رؤية ما لم نكن قادرين على رؤيته من قبل. تدعى دراسة الكائنات المجهرية الدقيقة علم الأحياء المجهرية. وبالإضافة إلى الكائنات الدقيقة كالفيروسات والبكتيريا، تتيح لنا المجاهر أيضا مشاهدة الأبواغ الفطرية، والحيوانات الدقيقة، وغبار الطلع بشكل مفصل. لقد درس علماء الأحياء المجهرية الجراثيم طيلة مائة وخمسين سنة ليكتشفوا كيف تبدو وكيف تعيش. وبفضل جهودهم تكشفت الحياة المجهرية.

عالم غير مرئي

العالم من حولنا زاخر بالكائنات الحية الدقيقة. بعضها مرئي يمكن مشاهدته بالعين المجردة، لكن العديد منها صغير لدرجة يتعذر فيها رؤيته إلا بواسطة المجهر. تشمل هذه الكائنات الحية الصغيرة حيوانات دقيقة وأشكالا حياتية أصغر تدعى الكائنات الدقيقة أو الميكروبات. هنالك أنواع عديدة ومدهشة من الميكروبات توجد في شتى أنحاء الأرض. هنا، يمكنك رؤية أربعة مخلوقات تعيش بشكل غير مرئي في العالم المجهري. أما حجمها على هذه الصفحة فلا يدل على حجمها في العالم الحقيقي. برغوث الماء - مثلا - أكبر بمائة وخمسين مرة من ميكروب المتلحفة! (جنس من الأولانيات النباتية الشكل).

◀ صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح تظهر بكتيريا عقدية مأخوذة من شخص مصاب بالتهاب الحلق. يتراوح حجم هذه البكتيريا كروية الشكل بين 0,7 - 1 مكرومتر، وغالبا ما تكون متصلة مع بعضها على شكل سلسلة.

عالم متنوع

يشمل العالم المجهري المصغر مخلوقات عديدة كالفيروسات، والبكتيريا، والأولانيات (وحيدات الخلية)، والفطريات المجهرية، والحيوانات الدقيقة. وتعد الرزم (المضمومات) الكيميائية المسماة بالفيروسات أصغر أنواع الميكروبات. أما البكتيريا، مثل الجراثيم العقدية، فتتكون من خلايا مفردة بسيطة. بينما تشمل الأولانيات (وحيدات الخلية) الطحالب، كالمُتَلَحِّفَات. وغالبية الفطريات متعددة الخلايا ويمكن أن تكون كبيرة الحجم كالفطر، أو مجهرية كفطور الفيصول التي توجد في التربة. الحيوانات الدقيقة هي حيوانات متعددة الخلايا، تشمل قشريات دقيقة الحجم، كبرغوث الماء .



▲ باحث في علم الأحياء المجهرية يفحص خلايا مصابة بعدوى فيروسية. عملية الاستقصاء والفحص برمتها تجري داخل حجيرة خاصة لها حاجز يفصل الباحث عن الخلايا . وهو يضع كمامة، ويرتدي قفازات وملابس واقية لتقليل احتمال التعرض لخطر العدوى بالفيروس .

أساليب الحياة

تتبع الكائنات الدقيقة أساليب حياة عديدة. الأولانيات (وحيدات الخلية) تشمل تلك التي تبتلع الطعام الجاهز (كالحيوانات)، وتلك التي تصنعه بواسطة التخليق الضوئي (كالنباتات). بعض الفطور طفيلية لكن العديد منها يحصل على المواد الغذائية من النباتات والحيوانات الميتة. تشمل البكتيريا طفيليات كالعقديات، وهي عوامل ممرضة (ميكروبات تسبب المرض) يمكن أن تصيب الإنسان وتمرضه. ولكن نوعا واحدا فقط من بين كل 10,000 نوع من البكتيريا يسبب المرض . بعضها الآخر يعيش على الكائنات الحية دون أن يسبب أي أذى، والعديد منها يتغذى على المواد الميتة أو المتحللة. جميع أنواع الفيروسات طفيلية، ومعظمها يسبب المرض لأنه يهاجم الخلايا الحية (للبكتيريا أو الحيوانات أو النباتات) ليتمكن من التكاثر.



التكبير 52.940x

◀ كمين مهلك تحت الأرض تظهره هذه الصورة بالمجهر الالكتروني الماسح، حيث توقع الشعيرات (وترية الشكل) لفطر الفيصول الترابي دودة أرضية (تبدو كـ"أنبوب" سميك وصلب) في الشرك وتلتهمها.

التكبير 400x

◀ يبدو هنا برغوث الماء، وهو قشري صغير يبلغ طوله 1,5 مم، يعيش في البرك، ويتغذى على كائنات أصغر يرشحها من بيئته المحيطة.

التكبير 130x

▲ تظهر هذه الصورة بالمجهر الإلكتروني الماسح اثنين من الطحالب الخضراء (كمثرية الشكل) من نوع المتلحفة النباتية، التي تعيش في المياه العذبة وتتحرك بسرعة بواسطة سوطين موجودين في مقدمتها. يقارب طول كل منها 10 نانومتر (بدون السوط). تستخدم المتلحفة أشعة الشمس لصنع غذائها بنفسها. التكبير 2950x

الموئل الطبيعي

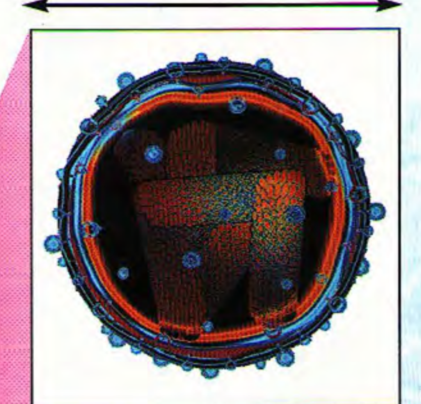
الكائنات الدقيقة موجودة في كل مكان. قد تكشف صورة مجهرية لظاهر يدك - أو لأي جزء من جلدك - عن مليارات من البكتيريا. انظر إلى التربة، والصخور، والبحيرات، والمحيطات، والصحارى، وقمم الجبال، ولسوف تجد البكتيريا هناك. ثمة ميكروبات أخرى واسعة الانتشار أيضا. الأولانيات (وحيدات الخلية) تسكن البرك، والبحيرات، وجذوع الأشجار، والبحار، ناهيك من الأوعية الدموية والأمعاء. الأبواغ الفطرية الصغيرة تحوم في الهواء وتنمو حيثما يتوفر الغذاء المناسب. وهناك ما يكفي من ديدان التربة الصغيرة لتحافظ بأجسامها على شكل القارات إذا ما تفجرت اليابسة برمتها!

الحجم والمقياس

قد يكون من الصعب تصور مدى صغر حجم الميكروبات، أو مدى صغر حجم أصغرها مقارنة بأكبرها، بسبب عدم إمكانية مشاهدتها بالعين المجردة. وما يجعل الأمر أشد إرباكا وتشويشا أن الصورة المجهرية تكبر الكائنات الدقيقة بنسب متفاوتة، بحيث قد يبدو أصغرها أكبر حجما من أكبرها. المقاييس ونسب التكبير في هذا الكتاب مبينة بجلاء يزيل أي التباس، كما يلي:

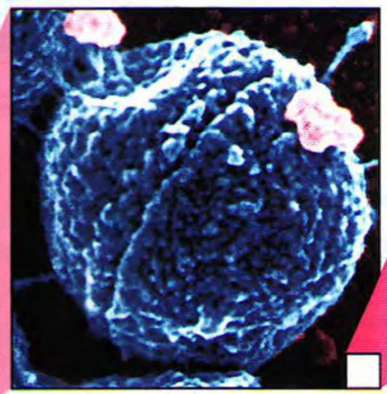
سوسة غبار (راجع الفصل الثاني) تقف على طرف إبرة خياطة. التكبير يجعلها تبدو بطول 130 مم. لكن طولها لا يتجاوز في الحقيقة 0,3 مم. أي أن السوسة المضخمة أكبر من حجمها الحقيقي بـ 433 مرة (130 ÷ 0,3 = 433).

100 نانومتر (0.1 مكرومتر أو 0.0001 ملم)



فيروس–التكبير 500.000x
الفيروسات هي أصغر الميكروبات ويتراوح حجم معظمها بين 10 – 100 نانومتر. يبلغ قطر فيروس الأنفلونزا هذا 85 نانومترا (راجع الفصل الثاني)

1 مكرومتر (0.001 ملم)



بكتيريا–التكبير 50.000x
يبلغ طول هذه البكتيريا المسببة لألم الحلق التي تدعى العقدية (راجع الفصل الأول) حوالي 1 مكرومتر . أما طول معظمها فيتراوح بين 1 إلى 4 مكرومتر.

10 مكرومتر (0.01 ملم)



الأولانيات (وحيدات الخلية)–التكبير 5000x
يبلغ طول وحيدة الخلية المثقبية هذه (راجع الفصل الثالث) 10 مكرومتر، أي أكبر بعشر مرات من البكتيريا العقدية. يتراوح طول معظم وحيدات الخلية بين 10 – 200 مكرومتر.

قياس الكائنات الدقيقة

يستخدم هذا الكتاب الوحدات المترية في قياس حجم الكائنات الدقيقة، وهو نظام القياس نفسه الذي يستعمله العلماء كافة في شتى أرجاء العالم. مقياس الطول قائم على المتر (م)، رغم عدم فائدته هنا بسبب ضخامته. إذ لا يتطرق الكتاب إلا إلى قلة قليلة من الكائنات الحية التي يتجاوز طولها ميليمترا واحدا (م) – أي أصغر بألف مرة من المتر الواحد. معظم الميكروبات أصغر بكثير من ذلك وتقاس بالمكرومتر (مكم)، أو واحد على ألف من الميليمتر. الفيروسات صغيرة جدا ولذلك تقاس بالنانومتر (نم)، أو واحد على مليون من الميليمتر.

المقياس والتكبير

جميع الكائنات الدقيقة المصورة في هذا الكتاب أكبر من حجمها الفعلي. ونحن نستخدم المقياس والتكبير لكي نستوعب حجم الكائن الحقيقي بالمقارنة مع حجمه على الصفحة. تبين الصور الست الأنفة كيفية عمل هذا النظام. في المربع الأول، يمثل الرقم 50 م (ضلع المربع) 100 نم (0,0001م) في الحجم الفعلي. أي أن المقياس هو500,000:1. حيث جرى تكبير الفيروس 500,000 مرة . (x500,000) في المربع الثاني، يمثل الرقم 50 ميليمترا 1 مكرومتر، أي أن المقياس هو 1:50,000 ، حيث جرى تكبير البكتيريا 50,000 مرة . أي أن حجم هذه البكتيريا الفعلي أكبر بعشر مرات من الفيروس. وعلى نحو مشابه، يعرض المربع التالي كائنا حيا أكبر بعشر مرات، وهكذا دواليك.



الفطريات–التكبير 500x
يتفاوت حجم الفطريات بين خلايا الخميرة الصغيرة والفطر الفقعي الكبير. ويبلغ طول كل شعيرة فطرية أو خيط فطري (راجع الفصل الأول) 10 مكرومتر.

الحيوانات الدقيقة–التكبير 50x
يبلغ طول حشرة السوس ثمانية الأرجل هذه (راجع الفصل الأول) 1 مم، مما يجعلها بالكاد مرئية بالعين المجردة. العديد من الحيوانات الدقيقة الأخرى أصغر حجما، بحيث لا تتجاوز 100 مكرومتر.

الذبابة الحائمة–التكبير 5x
يقارب طول ذبابة الحديقة هذه 10 مم، وبالتالي من السهل رؤيتها. أوردنا الذبابة هنا بغرض المقارنة فقط، فهي أكبر حجما من فيروس الأنفلونزا بمائة ألف مرة.

1 متر (م) = 100 سنتيمتر أو1,000 ميليمتر
1 سنتيمتر (سم)= 10 ميليمتر (م)
1 ميليمتر (م)= 1,000 مكرومتر (مكم)
1 مكرومتر= 1,000 نانومتر (نم)

تحت المجهر

عند نهاية القرن السادس عشر، غيّر اختراع مدهش طريقة دراسة الكائنات الحية إلى الأبد. إذ صنع هانس وابنه زكريا يانسن (اللذان شكلا فريقا ابتكاريا مبدعا في هولندا)، أداة (عرفت فيما بعد بالمجهر المركب) استخدمت عدستين زجاجيتين لتكبير الأجسام الصغيرة. في القرن السابع عشر، استعمل انتوني فان ليوينهوك وروبرت هوك المجاهر للكشف عن عالم كان مخفيا عن عيون البشر من قبل. هذا العالم مسكون بكائنات دقيقة لا يتجاوز قطرها 0,2 م (200 مكرومتر)، فهي بالغة الصغر لدرجة استحالة رؤيتها بالعين المجردة.

عدسة مفردة

عينة توضع على دبوس

◀ تألف مجهر فان ليوينهوك من عدسة محدبة مفردة مثبتة بين صفيحتين من النحاس. وكان يُحمل كما هو مبين في الصورة، ويقرب جانبه المسطح من العين. وتفحص العينة المثبتة على دبوس من خلال العدسة أمام مصدر ضوئي كلهب شمعة مثلا.

«حوينات» فان ليوينهوك

صنع تاجر الأقمشة الهولندي فان ليوينهوك (1632–1723) مجهره البسيط باستعمال عدسة محدبة واحدة استطاعت تكبير الأجسام حتى 300 مرة. ومن خلال فحص عينات مأخوذة من التربة والبرك ومصادر أخرى، أصبح أول شخص يرى الكائنات الدقيقة، التي أطلق عليها اسم «الحوينات»، أو «الحيوانات الدقيقة». وضع فان ليوينهوك رسومات توضيحية مفصلة لمكتشفاته وذاع صيته بين عامي 1674–1676 عند عرضها أمام الجمعية الملكية في لندن. في عام 1683 شاهد العديد من الكائنات الدقيقة في عينات أخذها من أسنانه، وكانت تلك أول مرة تشاهد فيها البكتيريا. وكما لاحظ فان ليوينهوك فإن «عدد الحوينات الموجودة في الفضلات المتوضعة على الأسنان داخل فم رجل واحد يفوق عدد الرجال في العالم كله».

اكتشافات هوك

صنع العالم الإنكليزي روبرت هوك (1635–1703) مجهره المركب الخاص به، الذي استطاع تحقيق مستويات تكبير تصل إلى 300 و500 ضعف، مع أن الصور لم تكن واضحة عند أطرافها. وبالرغم من ذلك، استعمل هوك قدرته الممتازة في الرسم لتسجيل النتائج التي اكتشفها في كتابه «التصوير الضوئي المجهري»، الذي نشرته الجمعية الملكية عام 1665. أظهر أحد هذه الرسومات شريحة فلينية رقيقة تحتوي على العديد من «الحجيرات» الصغيرة التي أطلق عليها اسم «خلايا»، وهي الكلمة نفسها التي نطلقها اليوم على لبنات الحياة الأساسية.

المجاهر المركبة

تسمى المجاهر المركبة اليوم المجاهر الضوئية أيضا لأنها تستخدم الضوء لإنارة وتوضيح عينات الكائنات الحية. إذ يتم تكبير الضوء الذي يمر عبر العينة بواسطة عدسة المجهر الشيئية (السفلية) التي تتلقى الضوء من العينة، ثم عبر العدسة العينية (العلوية)، قبل أن ترى كصورة مكبرة. تكبر المجاهر الضوئية عادة حتى 1,000 مرة . وتسمى الصورة المأخوذة بالمجهر الضوئي «الصورة المجهرية الضوئية».



◀ هذا الرسم عبارة عن مقطع من قطعة فلين، مأخوذ من كتاب روبرت هوك "التصوير الضوئي المجهري"، وتظهر الحجيرات الصغيرة التي أسماها "خلايا".



المغايرة والتلوين

معظم الكائنات الدقيقة شفافة، ولذلك فهي غير مرئية بالنسبة لنا حتى عند تكبيرها. التغاير يجعل الكائن الحي (أو أجزاءه)، مرئيا، عن طريق إبرازه من البيئة المحيطة به. إحدى الطرق السهلة لجعل ذلك ممكنا هي استعمال مواد كيميائية تدعى الأصباغ أو الملونات التي تضفي لونا على الكائنات الحية، كما هو مبين في الصورة. لكن معظم الأصباغ لا يمكن استعمالها إلا بعد موت الكائنات الحية، وبالتالي لا يمكن رؤيتها وهي تتحرك. ومن الطرق التي تمكننا من رؤيتها وهي حية استعمال أشكال مختلفة من الإضاءة للحصول على التغاير، مثل إظهار العينة كجسم ساطع على خلفية مظلمة (انظر الصورة المجهرية للفورتيسيلا).

▲ تبين هذه الصورة المجهرية الضوئية عينة دم مأخوذة من شخص مصاب بمرض النوم. أضيف صبغ أزرق لإظهار المثقبيات، وهي أولانيات تسبب المرض، بين كريات الدم الحمراء دائرية الشكل. التكبير 1.000x

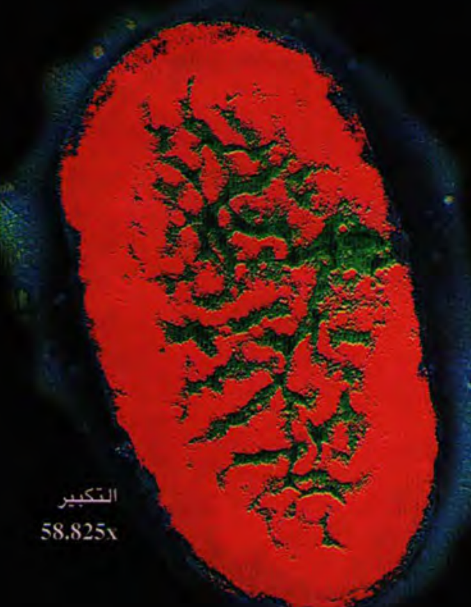
◀ عالم يستخدم مجهرا مركبا حديثا لفحص عينة. العدسات الثلاث (الشيئية) التي تتلقى الضوء من العينة توفر قدرات متزايدة للتكبير

أصغر فأصغر

بمقدور المجاهر الإلكترونية القوية، التي اخترعت في ثلاثينيات القرن العشرين، تكبير الأجسام الصغيرة أكثر من أي مجهر ضوئي. لقد غيرت المجاهر الإلكترونية فهمنا للحياة المجهرية الدقيقة حيث أتاحت للعلماء استكشاف بنية وتركيبة الكائنات الدقيقة بشكل مفصل، ومشاهدة أجسام بالغة الصغر، كالفيروسات، لأول مرة. الصور المجهرية الأربع هنا التقطت بواسطة مجهر إلكتروني نافذ أو مجهر إلكتروني ماسح. في كلتا الحالتين، أضيفت أصباغ ملونة للصور التي كانت ستظهر بالأبيض والأسود لولاها.

المجاهر الإلكترونية النافذة

تخيل أنك تجلس في الظلمة وتحمل مصباحا بيدك. عندما يضرب شعاع الضوء يدك، تقوم أصابعك بتشتيته فيسقط ظلها على الحائط. المجهر الإلكتروني النافذ يعمل بطريقة مشابهة، ولكنه يستخدم ذرات صغيرة تدعى الإلكترونات بدلا من الضوء. يطلق «مدفع» إلكتروني مثبت في أعلى قمة المجهر الشبيه بالأنبوب شعاعا سريعا من الإلكترونات عبر شريحة رقيقة من العينة. وتبعثر بعض أجزاء العينة الإلكترونات، تماما كما تشتت أصابعك ضوء المصباح. ومن ثم يتركز شعاع الإلكترونات المبعثرة بواسطة طاقة مغناطيسية على شاشة تلفزيونية لتظهر صورة مكبرة للعينة. ويمكن «التقاط» هذه الصورة على شكل «صورة مجهرية إلكترونية نافذة».



التكبير 58.825x

◀ تظهر هذه الصورة التي التقطت بمجهر إلكتروني نافذ مقطعا لبكتيريا "البورديتيلة الشاهوقية" التي يقارب طولها 1.4 مكرومتر، وتسبب مرض السعال الديكي.

التكبير 392.000x

▶ تظهر هذه الصورة التي التقطت بمجهر إلكتروني نافذ مقطعا عرضيا للفيروس المسبب لالتهاب الكبد. لا يتجاوز قطر كل فيروس 30 نانومترا.



▲ تظهر هذه الصورة التي التقطت بمجهر إلكتروني ماسح الملامح الخارجية لسوسة يبلغ طولها 1 مم (تجمعها صلة قرابة بالعناكب) تعيش في أوراق الشجر الميتة والخشب المتحلل. التكبير 70x

تركيز البؤرة على السطح

يستخدم المجهر الإلكتروني الماسح لفحص الكائنات الحية كاملة (وليس أجزاء منها). عندما يمسح شعاع ضيق من الإلكترونات عينة من العينات، ترتد الإلكترونات عن سطح العينة ليلتقطها جهاز استقبال يرسم صورة لها على شاشة تلفزيونية. الصورة عبارة عن منظر مفصل ثلاثي الأبعاد لسطح العينة. وفي حين أن المجهر الضوئي يمكن أن يكبر الجسم حتى 1,000 مرة ويميز بين جسمين يبعدان 2 مكم عن بعضهما، إلا أن المجهر الإلكتروني الماسح قادر على تكبير العينة 10,000 مرة، والتمييز بين أجسام تبعد عن بعضها مسافة لا تتعدى 20 نم. أما المجهر الإلكتروني النافذ فيستطيع تكبير الأجسام 300,000 مرة، والتمييز بين جسمين يبعدان عن بعضهما مسافة لا تتجاوز 1 نانومتر.

التكبير 880x

▲ تظهر هذه الصورة التي التقطت بمجهر إلكتروني ماسح الهيكل الخارجي لنوع من وحيدات الخلية تطفو على سطح المياه في البحار الدافئة. وتبدو فجوات صغيرة يدفع من خلالها هذا الكائن خيوطا دقيقة لجمع الغذاء.

◀ قد تبدو مثل هذه الصور على الشاشة وكأنها مأخوذة من فيلم رعب، لكنها في الواقع ليست مرعبة إلى هذا الحد. إذ تظهر كل منهما صورة ثلاثية الأبعاد لرأس نملة التقطت بمجهر إلكتروني ماسح (يظهر في خلفية الصورة). ينطلق شعاع سريع من الإلكترونات عبر الجزء الأنبوبي من المجهر، ويرتد عن الجسم (النملة) ليشكل صورة له. تستخدم الباحثة (إلى اليسار) وصلة حاسوبية لتحريك النملة، بحيث تحصل على مشاهد مختلفة ومتعددة الزوايا للعينة على الشاشة. ولكي تزيد أو تنقص نسبة التكبير، لإظهار قدر أكبر أو أقل من التفاصيل، يمكن للباحثة أن "تلتقط" المنظر الذي تراه على الشاشة متى شاءت، ليصبح "صورة مجهرية إلكترونية ماسحة".

الحياة من الجماد؟

منذ زمن اليونانيين القدماء، قبل حوالي 2400 سنة، وحتى القرن التاسع عشر، انتشر اعتقاد راسخ على نطاق واسع بإمكانية نشوء الكائنات الحية من مواد غير حية أو متفسخة. دعي هذا الظهور المفاجئ للحياة من الجماد بالتولد التلقائي. وجعل اكتشاف الكائنات المجهرية الدقيقة في القرن السابع عشر هذا التولد التلقائي أمرا أكثر احتمالا. وتطلب دحض هذه الفكرة في نهاية المطاف عمل عالم فرنسي نابه (لويس باستور).

التولد التلقائي

اعتقد الفيلسوف اليوناني أرسطو (384–322 قبل الميلاد) أن فكرة ظهور حيوانات صغيرة كالديدان مثلا، من الطين بشكل تلقائي أمر عادي وبديهي ويتوافق مع المنطق السليم. وتوارث البشر هذا الاعتقاد على مر القرون. بعد حوالي 2000 سنة من أرسطو، ترك العالم البلجيكي يوهانس فان هلموت (1579–1644) حبوب قمح ملفوفة بقمصان مبللة بالعرق في برميل مكشوف. وبعد واحد وعشرين يوماً، عثر على فئران هناك، فاستنتج أنها نشأت تلقائيا من العرق والقمح . و«أثبت بالدليل» وجود التولد التلقائي!

يرقات من اللحم

ثمة اعتقاد آخر شاع قديما وأكد على ظهور اليرقات بشكل تلقائي من اللحم الفاسد. في 1668 اختبر الطبيب الإيطالي فرانشيسكو ريدي (1626–1697) هذه الفكرة . حيث وضع قطعا من اللحم في وعائين- أحدهما مكشوف تماما والآخر مغطى بقطعة من الشاش تسمح للهواء بالدخول إلى الوعاء، لكن تمنع عنه الذباب. وسرعان ما تغطى اللحم في الوعاء المكشوف باليرقات. بينما بقي اللحم في الوعاء المغطى خالياً من اليرقات لأن الذباب لم يتمكن من الوصول إلى اللحم ليضع بيوضه. وهكذا دحضت تجربة ريدي نظرية التولد التلقائي لليرقات.



▲ يرقات (الذباب) التي تتغذى على اللحم لا تتوالد تلقائيا. بل تفقس من بيوض تضعها أنثى الذباب. التكبير 3x



▼ لويس باستور يرفع حوجلة تحتوي على مرق (زرعي) عكر وملوث. لكن في الحوجلة ذات الاستطالة الشبيهة بعنق البجعة، يبدو المرق صافياً ومعقماً.

◀ لا تتوالد البكتيريا تلقائياً، بل هي من ذرية أشكال حياتية قديمة العهد. هذه التكتلات الكلسية الكربونية الطحلبية التي تحتوي على الزراقم (قسم من بدائيات النواة) في استراليا هي أقدم تركيبات صنعتها كائنات حية (عمرها حوالي ملياري سنة).

دليل باستور

بالرغم من أبحاث ريدي، تشبث الناس بفكرة أن الميكروبات يمكن أن تظهر بشكل تلقائي. لكن في عام 1859، حسم عالم الأحياء المجهرية لويس باستور (1822–95) المسألة. إذ وضع مرقا في حوجلة جعل عنقها ملتوية وممدودة على شكل عنق البجعة. ثم قام بغلي المرق لتعقيمه (ليصبح خاليا من الميكروبات). وعندما برد، بقي معقما وصافيا بالرغم من تعرضه للهواء - ميكروبات الهواء «علقت» في العنق الملتوية. وحين كسر عنق الحوجلة، دخلت الميكروبات المرق حيث تعكر مع تكاثرها. وهكذا أثبت باستور أن الحياة لا تنشأ إلا من حياة موجودة سابقا.

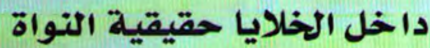
لبنات الحياة الأساسية

جميع الكائنات الحية على الأرض، من أصغر أنواع البكتيريا إلى أضخم الحيتان، مكونة من وحدات حية دقيقة تدعى الخلايا. بعضها، مثل الأولانيات، مكونة من خلية واحدة. بعضها الآخر مؤلف من آلاف، بل ملايين أو حتى مليارات الخلايا. وباستخدام المجاهر، أظهر العلماء أنه بالرغم من اختلاف شكل وحجم خلايا الأولانيات، والفطريات، والنباتات، والحيوانات - المعروفة بالخلايا حقيقية النواة - إلا أنها تتقاسم العديد من الميزات والصفات المشتركة. الخلايا البكتيرية، المعروفة بالخلايا بدائية النواة، تتشارك أيضا بعدد من تلك الصفات والملامح لكن بنيتها أكثر بساطة (انظر الفصل الثاني).



▲ منظر لداخل طحلب "المتلحفة" يظهر أنه يحتوي صانعة اليخضور إضافة إلى مكونات الخلية المعيارية. يتحرك هذا الطحلب بواسطة السوطين. التكبير 5.500x

داخل الخلايا حقيقية النواة



قبل اختراع المجهر الإلكتروني، ساد الاعتقاد بأن للخلايا حدا خارجيا فقط (غشاء بلازمي) يحيط بمركز للتحكم (نواة)، بالإضافة إلى مادة هيولية شبيهة بالهلام بينهما. بعدئذ، أظهرت المجاهر الإلكترونية القوية أن المادة الهيولية هي أكثر من مجرد سائل بسيط، فهي تضم أيضا تركيبات صغيرة تسمى العضيات («الأعضاء الصغيرة»)، مثل المتقدرات (جمع متقدرة) التي تنتج الطاقة من السكريات بواسطة عملية تدعى التنفس الخلوي. هذه العملية تحرك التفاعلات الكيميائية التي تحدث لجعل الخلية حية. أما الأغشية المطوية للشبكة الهيولية الباطنية فتقوم بنقل البروتينات المصنوعة من قبل الريبوسومات الشبيهة بالنقاط التي تبني الخلية. تحتوي النواة على الحمض النووي (DNA)، أو المادة الوراثية (الجينية) التي تحتوي الأوامر والتعليمات اللازمة لبناء وتشغيل الخلية.

◀ يظهر هذا المقطع لخلية حيوانية "نمطية" الخصائص والسمات والملامح الموجودة في جميع الخلايا حقيقية النواة.

وحيدات الخلية

تنتمي غالبية الكائنات المجهرية حقيقية النواة ذوات الخلية الواحدة إلى الأولانيات (وحيدات الخلية)، وهي مجموعة تشمل الطحالب والحيوانات الأوالي. تصنع الطحالب، كالمتلحفة مثلا، غذاءها بنفسها عن طريق التخليق الضوئي. وبالإضافة إلى الأجزاء المعيارية في الخلايا حقيقية النواة، تحتوي المتلحفة على صانعات الكلوروفيل (اليخضور) المليئة بالكلوروفيل الذي يحجز الضوء. تقتنص الأولانيات، مثل الفورتيسيلا، الطعام أو تمتصه من البيئة المحيطة. فهي مزودة بأهداب تحركها، وهي ثابتة في مكانها، لصنع تيار يجذب الطعام إليها. وهناك فئة لها صلة قرابة بها تستخدم الأهداب للتنقل. كما أن ثمة أولانيات أخرى تستخدم سياطا طويلة للاندفاع أو التراجع في الماء. تشمل الميكروبات أحادية الخلية الخمائر - وهي فطريات مجهرية تمتص الغذاء من البيئة المحيطة.

◀ تظهر هذه الصورة بالمجهر الضوئي "الفورتيسيلا"، وهو حيوان وحيد الخلية يتكون من "رأس" جرسي الشكل وساق طويلة ملتصقة بنبتة مائية أو صخرة. يحمل "الرأس" أهدابا شعرية تنبض لسحب الطعام. الفورتيسيلا البادية هنا (طولها 0,3 مم) تمد "رأسها" لتتغذى، بينما تنكمش الاثنتان الباقيتان. التكبير 480x



▲ صورة بالمجهر الضوئي لدودة "كاينورهبدايتس اليجانس" المدورة التي يبلغ طولها 1 مم وتعيش في التربة. هذه الدودة حيوان دقيق متعدد الخلايا، لكن على عكس معظم الحيوانات تتكون من عدد ثابت من الخلايا (959 خلية فقط). التكبير 180x

▲ صورة بالمجهر الضوئي لخلايا الخد البشري تظهر أنها تحتوي على نواة وسائل هيولي. التكبير 825x

◀ في هذا المثال التوضيحي، يوشك هذا الحيوان المنوي البشري البالغ طوله 50 مكم، على تخصيب بويضة كروية تفوقه حجما بكثير. يضرب الحيوان المنوي بسوطه (ذيله) للتحرك. التكبير 2.800x

كثيرات الخلايا

لا يستطيع هذا الكتاب تصوير الأحجام الضخمة للكثير من الكائنات الحية المتعددة الخلايا، كالنباتات، وبعض الفطور، والحيوانات. لكن يتعذر رؤية خلاياها، كتلك المتراصة في السطح الداخلي من الوجنتين مثلا، إلا باستعمال المجهر. كما أن البشر (وغيرهم من الكائنات) يطلقون من أجل التكاثر خلايا جنسية مجهرية، كالحيوانات المنوية والبويضات، تندمج لإنتاج كائنات حية جديدة. لنلاحظ أن للحيوان المنوي (انظر الصورة) سوطا كسوط الفورتيسيلا. الحيوانات الدقيقة، كالديدان المدورة والسوس، متعددة الخلايا أيضا، بالرغم من أن هذه الخلايا أقل عددا. على سبيل المثال، تملك دودة «كاينورهبدايتس اليجانس» المدورة، 959 خلية، بينما توجد في الإنسان البالغ قرابة 100 تريليون خلية.

موجز الفصل الأول



صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لسوسة تراب تعيش منخفية في أوراق الشجر الميتة. لهذا الحيوان الدقيق (وهو من أقرباء العنكبوت) ثمانية أرجل. ويساعد على دورة (وإعادة معالجة) المغذيات عبر التغذي على مواد النباتات الميتة. التكبير 75x

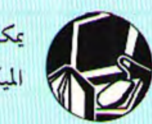
التعرف على العالم المجهري

يحيط بنا عالم خفي ومحتجب من الكائنات المجهرية الدقيقة، التي تتفاوت في الحجم والنوع، بدءا من فيروسات لا يتجاوز طولها واحد على مليون من الميليمتر، مرورا بالبكتيريا والأولانيات والفطريات المجهرية، وانتهاء بالحيوانات الدقيقة، كبراغيث الماء، التي لا نكاد نشاهدها بالعين المجردة. نستطيع بسهولة تقدير الاختلاف في الحجم بين الفأر والفيل. ولكن «خفاء» الحياة المجهرية يجعل من الصعب علينا استيعاب كم هي صغيرة، أو كيف يفوق حجم برغوث الماء حجم الفيروس بـ 15,000 مرة. شاهدنا هنا كيف استعمل الميليمتر (م)، والمكرومتر (مكم)، والنانومتر (نم) لقياس وبيان الفرق في الحجم بين الميكروبات. وكيف يجعل التكبير الكائنات المجهرية تبدو أكبر من حجمها الحقيقي (يعني التكبير x100 أن الجسم أكبر بمائة مرة من حجمه في الواقع).

جعل الأجسام تبدو أكبر

غيرت المجاهر التي اخترعت قبل أربعمائة سنة نظرتنا إلى الحياة، وذلك عبر جعل العالم المجهري مرئيا للمرة الأولى. استخدمت المجاهر الأولى الضوء لإنارة عينات من الكائنات الدقيقة، ومازالت تستخدم حتى اليوم النسخ الأكثر تعقيدا وتطورا منها. ولكن اختراع المجاهر الإلكترونية الأكثر قوة في القرن العشرين، أتاح لنا النظر بصورة أعمق في العالم المجهري عبر زيادة تكبير الكائنات المجهرية، ورؤية الكائنات الدقيقة بقدر أعظم من التفصيل. لقد مكنت المجاهر (الضوئية والإلكترونية) العلماء من اكتشاف كيف تبنى وتعمل الخلايا - الوحدات الأساسية لأشكال الحياة كافة، بما فيها الكائنات الدقيقة - وكيف تنشأ وترتقي دوما من خلايا أخرى.

مراجع إضافية...



يمكن زيارة الموقع التفاعلي التالي حول الميكروبات:

www.amnh.org/nationalcenter/infection

للاطلاع على مزيد من المعلومات حول الميكروبات انظر الموقع التالي:
www.microbeworld.org

للمقارنة بين حجم الميكروبات، انظر الموقع التالي:
www.cellsalive.com/howbig.htm

لمزيد من المعلومات عن روبرت هوك وانتوني ليوينهوك، انظر:
www.ucmp.berkeley.edu/history/hooke.html
انظر أيضا:
www.ucmp.berkeley.edu/history/leeuwenhoek.html
شاهد المزيد من الصور المجهرية المدهشة على موقع:
www.denniskunkel.com/

اختصاصي الكيمياء الحيوية: يدرس التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل الخلايا، بما فيها خلايا الكائنات المجهرية.

اختصاصي البيولوجيا الخلوية: يدرس الخلايا وبنيتها وكيفية عملها.

اختصاصي الميكروبات (الميكروبيولوجيا): يدرس الكائنات المجهرية، خصوصا البكتيريا والفيروسات.

اختصاصي المجهر: يستعمل المجهر الضوئي أو المجهر الإلكتروني (أو كليهما) لفحص وتصوير الخلايا والكائنات المجهرية.

يمكن زيارة متحف باستور على موقع:

www.pasteur.fr/pasteur/musees

يمكن مشاهدة بعض من صور فان ليوينهوك المجهرية على موقع:
www.museumboerhaave.nl

يمكن مشاهدة مجهر هوك بالإضافة إلى العديد من المجاهر الأخرى على موقع:
www.sciencemuseum.org.uk

الفصل الثاني

الكائنات المجهرية

هنالك مليارات ومليارات من الكائنات المجهرية – وبالرغم من صغر حجمها، إلا أنها إذا جمعت فسيفوق وزنها وزن أشكال الحياة الأكبر حجما منها بأكثر من عشرة أضعاف. علاوة على أنها موجودة في كل مكان، بدءا بأعالي الغلاف الجوي وانتهاء بغياهب المحيطات، ناهيك من وجودها داخل أنوفنا، وعلى طعامنا، وفي أسرّتنا. ولكي نستوعب هذه الكتلة الهائلة من المخلوقات المجهرية، نقوم بتصنيفها، أو جمعها، ضمن مجموعات طبقا لشكلها، وبنيتها التركيبية، وحجمها، وأسلوب حياتها، وكيفية ارتباطها بعضها ببعض. تلك المجموعات هي الفيروسات، والبكتيريا، والأولانيات، والفطريات الصغيرة، والحيوانات الدقيقة.



تظهر هذه الصورة بالمجهر الإلكتروني الماسح الهايدرا، وهي حيوان دقيق يعيش في المياه العذبة، وقد ثبتت قاعدتها على عشبة مائية. لونها الزهري مصطنع حيث أضيف إلى الصورة المجهرية التي ستبدو بالأبيض والأسود لولاه، وذلك لإضفاء التغاير المساعد على رؤية أجزاء الحيوان بوضوح. التكبير 100x

الفيروسات

من بين الميكروبات جميعا، تعد الفيروسات الأصغر حجما والأغرب شكلا. فهذه المضمومات الكيميائية غير الحية لا تتغذى ولا تنمو، ولا تصبح نشطة إلا عندما تغزو الخلية الحية (المضيف) لتتكاثر. العديد من الفيروسات تسبب الأمراض في الحيوانات والنباتات. ويتراوح حجم الفيروسات بين 25– 300 نانومتر.

التكبير x675.000

الفيروس محاط بنتوءات بروتينية

رداء بروتيني

حمض نووي (حمض نووي ريبي)

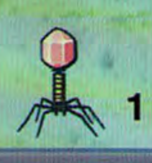
▲ يظهر هذا الرسم بالحاسب البنية التركيبية لفيروس الأنفلونزا، الذي يبلغ قطره 85 نم. للفيروس رداء بروتيني خارجي مليء بالنتوءات، ومركز من الحمض النووي (في هذه الحالة "الحمض النووي الريبي").

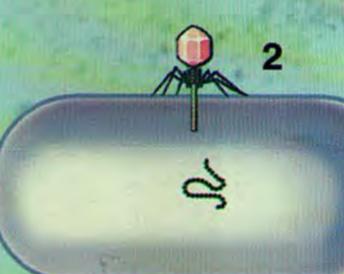
▼ تظهر هذه الصورة بالمجهر الإلكتروني النافذ فيروسا طوله 250 نم من "العاثيات" (فيروسات حالة/قاتلة للجراثيم) يحقن حمضه النووي عبر جدار خلية الإشريكية القولونية (جنس من الجراثيم). لهذا الفيروس شكل معقد مكون من "رأس" نظامي، و"ذيل" وست "أرجل". التكبير 350.000x

المضمومات الكيميائية

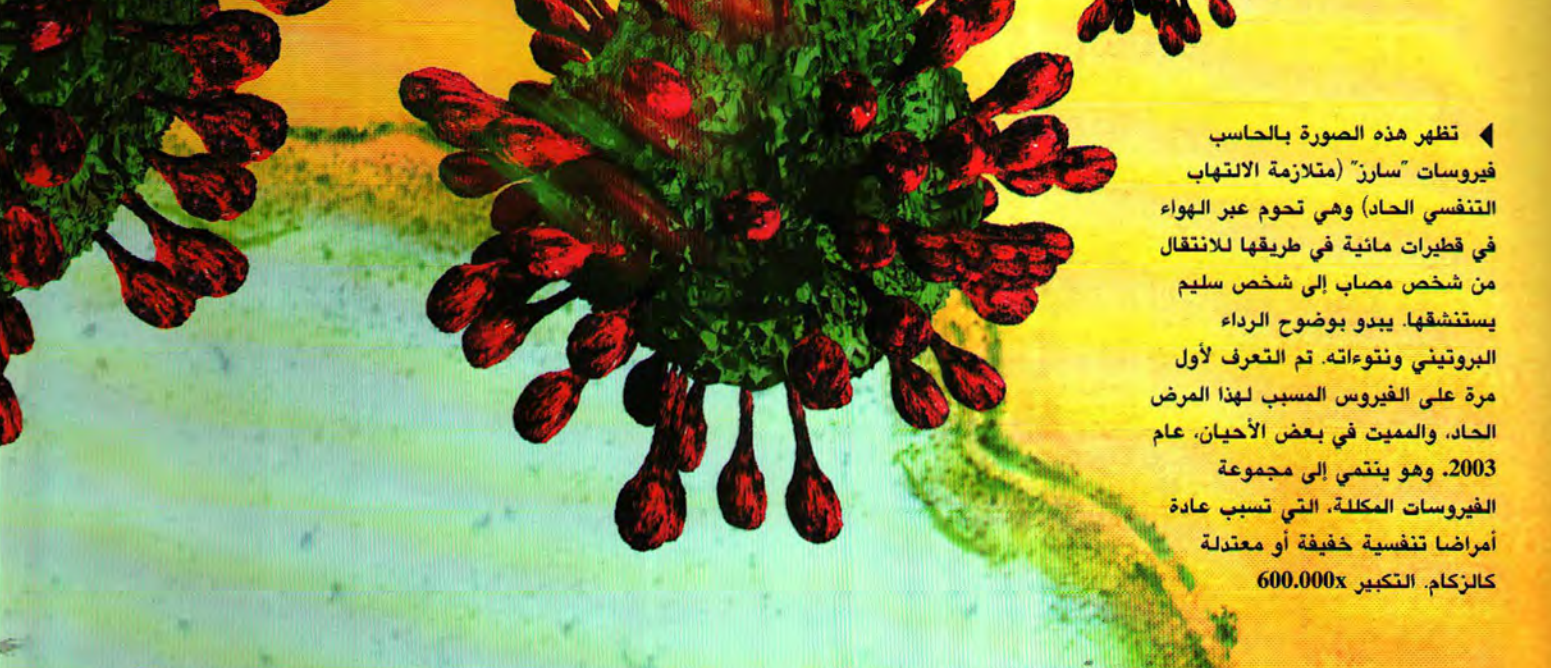
يتكون كل فيروس من حفنة من المركبات الكيميائية. يتألف المركز من خيط أو خيوط من الحمض النووي (إما الحمض الريبي النووي منقوص الأوكسجين DNA أو الحمض الريبي النووي RNA) تحمل التعليمات لإنتاج مزيد من الفيروسات. يحيط بهذا المركز رداء بروتيني واق. وعلى هذا الرداء نتوءات تمكن الفيروس من الالتصاق بسطح الخلية المضيفة. تتفاوت الأردية البروتينية تفاوتا كبيرا. فلبعضها أشكال منتظمة مستقيمة الجوانب، بينما تصبح أقل انتظاما لدى بعضها الآخر. يمكن للفيروسات غزو جميع أنواع الخلايا، بما فيها خلايا الحيوانات، والنباتات، والفطريات، والأولانيات، والبكتيريا. الفيروسات التي تغزو البكتيريا تدعى العاثيات. ولا تملك الفيروسات القدرة على التحرك ذاتيا، فهي تتنقل من مضيف إلى مضيف عبر قطيرات تحوم في الهواء، أو في الماء، أو في الطعام، أو الدم الملوث بالعدوى، أو بواسطة الحشرات التي تمص الدم أو تقضم النباتات.

▼ تظهر هذه الصورة بالمجهر الإلكتروني الماسح أرقة (بقة تعيش على النبات) تستخدم أجزاء فمها الثاقبة لاختراق خلايا الورقة والتغذي على العصارة السكرية. تحمل مثل هذه الحشرات الفيروسات وتنشرها بين النباتات أثناء عملية التغذية. التكبير 65x





◀ يظهر هذا الرسم البياني كيف يتكاثر الفيروس، وذلك باستخدام إحدى العاثيات (فيروسات حالّة للجراثيم) ومضيفتها الإشريكية القولونية، كمثال توضيحي:
1) الفيروس يلتصق بالبكتيريا
2) يحقن ذيل الفيروس حمضه النووي (DNA) داخل البكتيريا
3) يتشكل الحمض النووي والبروتينات داخل البكتيريا
4) تخرج فيروسات مجمعة حديثا من البكتيريا

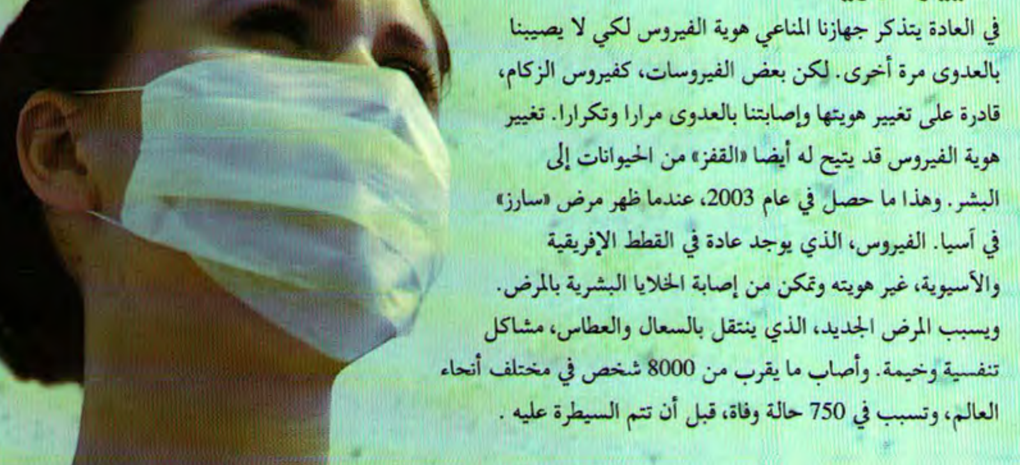


◀ تظهر هذه الصورة بالحاسب فيروسات "سارز" (متلازمة الالتهاب التنفسي الحاد) وهي تحوم عبر الهواء في قطيرات مائية في طريقها للانتقال من شخص مصاب إلى شخص سليم يستنشقها. يبدو بوضوح الرداء البروتيني ونتوءاته. تم التعرف لأول مرة على الفيروس المسبب لهذا المرض الحاد، والمميت في بعض الأحيان، عام 2003. وهو ينتمي إلى مجموعة الفيروسات المكللة، التي تسبب عادة أمراضا تنفسية خفيفة أو معتدلة كالزكام. التكبير 600.000x

تكاثر الفيروسات

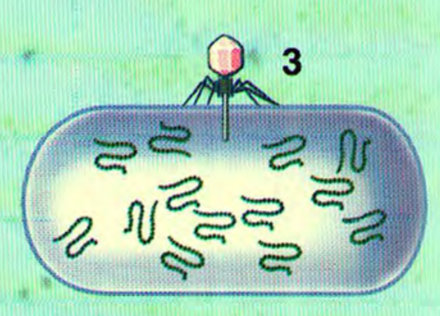
تتشارك الفيروسات كلها في دورة «الحياة» نفسها، لكنها تختلف كليا عن دورة حياة أي كائن آخر. الرسم البياني السابق يظهر عملية تكاثر إحدى العاثيات (الحالة/القاتلة للجراثيم)، والمبدأ ذاته ينطبق على بقية الفيروسات. في البداية يثبت الفيروس نفسه على الخلية المستهدفة، من ثم يخترقها مطلقا حمولة من أحماضه النووية. وحالما تخترق تعليمات الحمض النووي الخلية المضيفة، تختطف آليتها الكيميائية وتغيرها لتقوم بإنتاج نسخ متعددة من الحمض النووي والرداء البروتيني للفيروس. ومتى تشكلت هذه المكونات تتجمع لتكون جسيمات فيروسية جديدة. وبعد أن تنتفي الحاجة إلى الخلية المضيفة تنفجر لتحرر نسخ الفيروس، التي تنتقل لتصيب بالعدوى خلايا أخرى وتستنسخ نفسها من جديد.

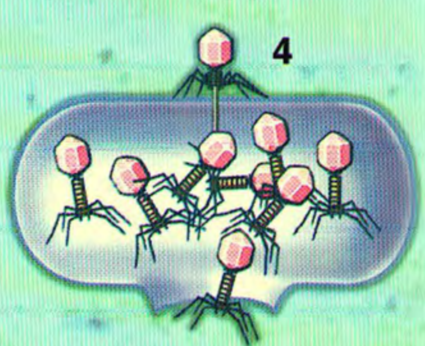
▼ ترتدي هذه المرأة الصينية كمامة لمساعدتها على توقي الإصابة بفيروس "السارز". ينتقل الفيروس، كفيروسات الزكام، في قطيرات مائية عبر الهواء. يمتص القناع قطيرات الماء ويقي المرأة من استنشاق جسيمات الفيروس.



تغيير الهوية

في العادة يتذكر جهازنا المناعي هوية الفيروس لكي لا يصيبنا بالعدوى مرة أخرى. لكن بعض الفيروسات، كفيروس الزكام، قادرة على تغيير هويتها وإصابتنا بالعدوى مرارا وتكرارا. تغيير هوية الفيروس قد يتيح له أيضا «القفز» من الحيوانات إلى البشر. وهذا ما حصل في عام 2003، عندما ظهر مرض «سارز» في آسيا. الفيروس، الذي يوجد عادة في القطط الإفريقية والآسيوية، غير هويته وتمكن من إصابة الخلايا البشرية بالمرض. ويسبب المرض الجديد، الذي ينتقل بالسعال والعطاس، مشاكل تنفسية وخيمة. وأصاب ما يقرب من 8000 شخص في مختلف أنحاء العالم، وتسبب في 750 حالة وفاة، قبل أن تتم السيطرة عليه.





البكتيريا

البكتيريا أصغر الكائنات الحية وأكثرها وفرة وانتشارا، وهي موجودة في كل مكان – في البر والجو والماء، وحتى داخل /وعلى بعض الكائنات الحية الأخرى . تتألف كل بكتيريا من خلية واحدة بسيطة، وغالبيتها تعيش في مجموعات أو مستعمرات، حيث تتكاثر بسرعة. كثيرا ما يخشى الناس البكتيريا نتيجة ما تسببه من أمراض، كتسمم الطعام. لكن العديد منها مفيد حيث يساعدنا على إيجاد الظروف والشرط المناسبة التي تمكن الحياة من الاستمرار على الأرض.

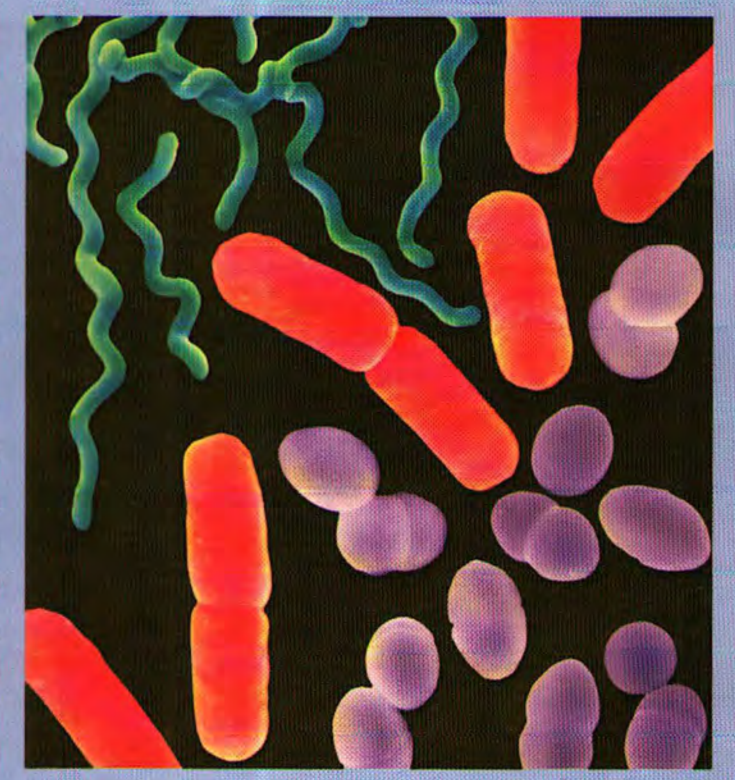
رداء

جدار الخلية

الخلايا البكتيرية

البكتيريا خلايا بدائية النواة، وهي أبسط في البنية من الخلايا حقيقية النواة المعقدة (راجع الفصل الأول). وللبكتيريا، على شاكلة الخلايا حقيقية النواة، هيولى، وغشاء هيولي، وريبوسومات تكون بروتينات الخلية، ولكن ليس لها نواة. بل مجرد عروة من الحمض النووي تحتوي على التعليمات الضرورية لصنع وتشغيل الخلية. البكتيريا محاطة بجدار خلوي صلب، ولبعضها رداء خارجي مخاطي لحمايتها. أما «الشعيرات» القصيرة فتساعد على التصاق البكتيريا بغذائها، وللعديد من أنواع البكتيريا سياط أطول تستخدمها لحركتها وتنقلها.

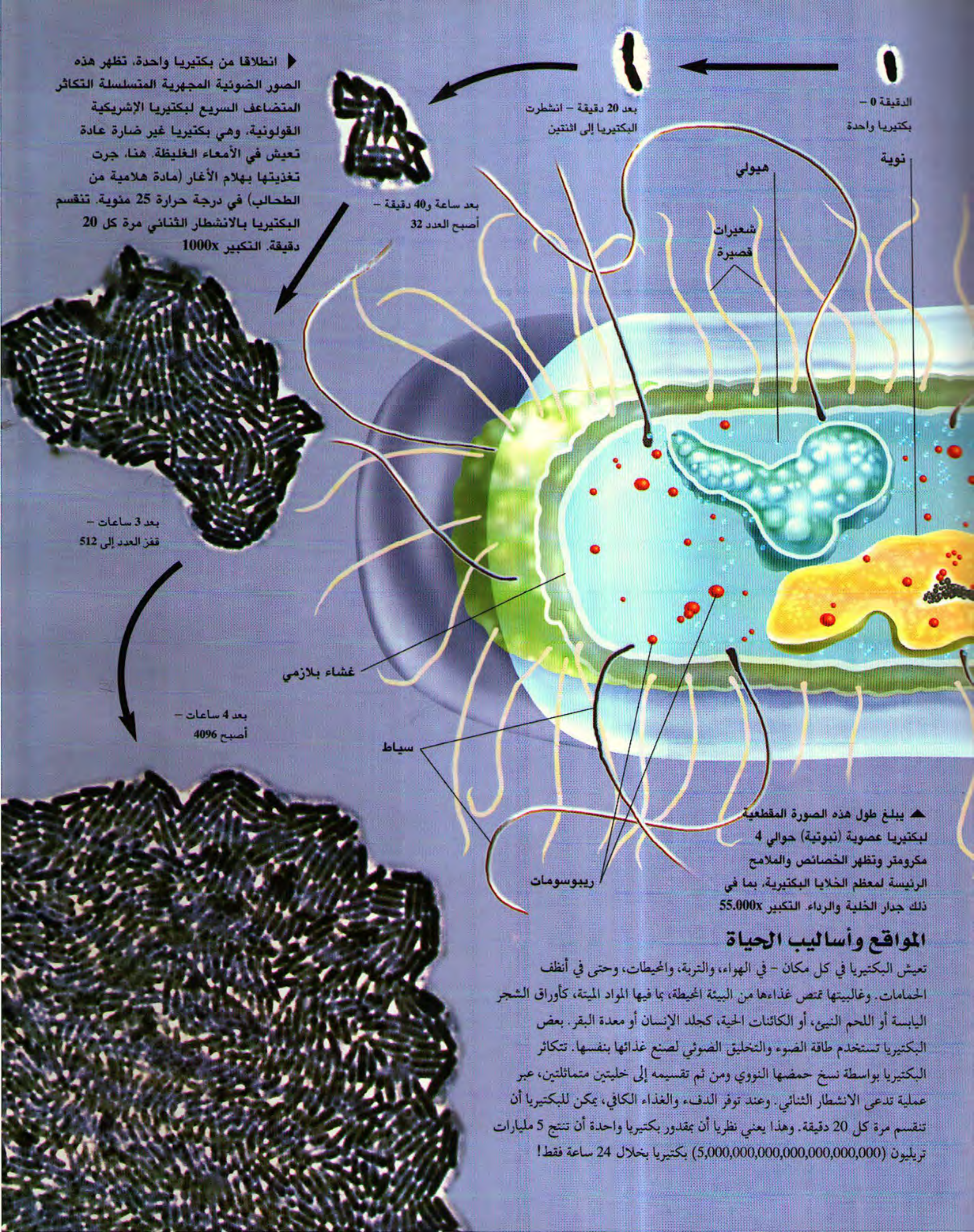
◄ لا تعيش البكتيريا في الغيوم فقط، بل تنمو وتتكاثر هناك، كما اكتشف العلماء النمساويون في عام 2000 . ومن الأمور التي لا تصدق أن هذه البكتيريا، التي تنشأ من النباتات أو التربة على سطح الأرض، قد تؤثر أيضا في المناخ عبر الدور الذي تلعبه في تشكل السحب وهطول المطر.



◄ تقارن هذه الصورة بالمجهر الإلكتروني الماسح بين الأشكال الرئيسة الثلاثة للبكتيريا: البكتيريا الكروية، والعصوية (النبوتية)، والحلزونية. التكبير 10.000x

الأحجام والأشكال

تتراوح أطوال معظم البكتيريا بين 1– 4 مكرومتر – ولا تظهر تفاصيلها واضحة إلا باستخدام المجهر الإلكتروني. هنالك حوالي 10,000 نوع معروف من البكتيريا، ومن المؤكد أن هناك العديد من الأنواع غير المعروفة. يمكن تقسيم البكتيريا وفقا لأشكالها إلى ثلاث مجموعات: الكرويات، والعصويات، والحلزونيات. الكرويات مدورة وقد توجد بشكل فردي، أو على شكل أزواج أو أكداس أو سلاسل، مثل العقديات (انظر الفصل الأول). أما العصويات (النبوتيات) فهي مستقيمة نبوتية الشكل ومنها الإشريكية القولونية. في حين تشمل البكتيريا الحلزونية الملتويات، وخلايا تشبه الضمة تدعى الضمات.



◀ انطلاقا من بكتيريا واحدة، تظهر هذه الصور الضوئية المجهرية المتسلسلة التكاثر المتضاعف السريع لبكتيريا الإشريكية القولونية، وهي بكتيريا غير ضارة عادة تعيش في الأمعاء الغليظة. هنا، جرت تغذيتها بهلام الأغار (مادة هلامية من الطحالب) في درجة حرارة 25 مئوية. تنقسم البكتيريا بالانشطار الثنائي مرة كل 20 دقيقة. التكبير 1000x

▲ يبلغ طول هذه الصورة المقطعية لبكتيريا عصوية (نبوتية) حوالي 4 مكرومتر وتظهر الخصائص والملامح الرئيسة لمعظم الخلايا البكتيرية، بما في ذلك جدار الخلية والرداء. التكبير 55.000x

المواقع وأساليب الحياة

تعيش البكتيريا في كل مكان – في الهواء، والتربة، والمحيطات، وحتى في أنظف الحمامات. وغالبيتها تمتص غذاءها من البيئة المحيطة، بما فيها المواد الميتة، كأوراق الشجر اليابسة أو اللحم النيء، أو الكائنات الحية، كجلد الإنسان أو معدة البقر. بعض البكتيريا تستخدم طاقة الضوء والتخليق الضوئي لصنع غذائها بنفسها. تتكاثر البكتيريا بواسطة نسخ حمضها النووي ومن ثم تقسيمه إلى خليتين متماثلتين، عبر عملية تدعى الانشطار الثنائي. وعند توفر الدفء، والغذاء الكافي، يمكن للبكتيريا أن تنقسم مرة كل 20 دقيقة. وهذا يعني نظريا أن بمقدور بكتيريا واحدة أن تنتج 5 مليارات تريليون (5,000,000,000,000,000,000,000) بكتيريا بخلال 24 ساعة فقط!

الأولانيات (وحيدات الخلية)

توجد الأولانيات غالبا في المحيطات والمياه العذبة، إضافة إلى الأماكن الرطبة على اليابسة، وهي من وحيدات الخلية التي تتفاوت أشكالها إلى حد لا يصدق، مثل «الشوامس» الشبيهة بالشمس، والمشطورات (جنس من الطحالب) المنحوتة كالتماثيل، والأميبة التي تغير شكلها باستمرار. خلايا الأولانيات حقيقية النواة وتحتفظ بحمضها النووي داخل النواة. وتقسم عادة إلى مجموعتين رئيسيتين - الأوالي والطحالب.



الأوالي

تقتفي الأوالي وتجمع طعامها المكون من البكتيريا، أو الأولانيات الأخرى، أو جسيمات المواد الميتة. ويمكن تقسيمها وفقا لطريقتها في التحرك إلى ثلاث مجموعات: السوائط، والاميباوات، والمهدبات. للسوائط سوط أو اثنان تستخدمهما للتقدم أو التراجع في الماء. الاميباوات تغير شكلها، حيث تبرز «أقداما زائفة» مؤقتة للتحرك على السطح الصلب. ولبعضها صدفات فيها ثقوب تبرز عبرها أقدامها الزائفة، بينما تبدو غيرها «عارية». أما المهدبات فلها العديد من النتوءات الشبيهة بالشعر القصير تدعى الأهداب، التي تتحرك بشكل إيقاعي، الأمر الذي يمكنها من التقدم والاستدارة والتوقف بسرعة.

◀ تظهر هذه الصورة بالمجهر الإلكتروني الماسح الحنديرة، وهي جنس من الأوالي السوطية خضراء اللون تعيش في المياه العذبة والبرك الصغيرة، وتصنع غذاءها بنفسها باستخدام التخليق الضوئي. السوط الطويل في مقدمة الجسم يدفعه عبر الماء.

الطحالب

تستخدم هذه الأولانيات - الشبيهة بالنباتات - طاقة ضوء الشمس والتخليق الضوئي لصنع غذائها. تشمل الطحالب، الطحالب الخضراء، والمشطورات، ودواميات السياط،، والحنديرات. ويعيش العديد منها في المياه السطحية للمحيطات والبحيرات حيث يمكن لأشعة الشمس النفاذ إليها. ويتحرك بعضها مع حركة الماء، بينما يستخدم بعضها الآخر السياط للتحرك. تشكل كتلة الطحالب العائمة هذه ما يسمى بالعوالق النباتية (انظر الفصل الثالث)، وتحظى بأهمية حيوية بسبب ما تطلقه من الأوكسجين الضروري للحياة. توجد الطحالب أيضا في التربة، وعلى الصخور وجذوع الأشجار، إضافة إلى أنها تكون مادة خضراء لزجة في البحيرات والبرك. بعض الطحالب، كالحنديرة، تتغذى على الأولانيات الأخرى.

أساليب حياة الأوالي

تظهر الصورة المثيرة التالية «الديدنيوم» الهدبي المفترس على وشك تطويق وابتلاع فريسته. ومثلما هي الحال مع العديد من الأوالي، ما إن يتم «ابتلاع» الفريسة حتى توضع داخل «كيس» في الخلية يدعى الفجوة الغذائية وتهضم هناك. ينطبق ذلك على معظم الأوالي التي تعيش بحرية في البحار والبحيرات والبرك والتربة. لكن قلة من الأوالي طفيلية تمتص الغذاء من المضيف مباشرة (راجع الفصل الثالث). هذه الأوالي الطفيلية تشمل العوامل الممرضة المسببة لمرض النوم والملاريا، والزحار الأميبي في حالة الأميبة المتحولة. وسواء أكانت متطفلة أم لا، فان غالبية الأوالي تتكاثر بواسطة الانشطار الثنائي.



◀ تظهر هذه الصورة بالمجهر الإلكتروني الماسح الأميبة المتحولة، وهي أميبة مسببة للمرض، يبلغ طولها 35 مكم تقريبا، ولها أقدام زائفة. المتحولة هنا على وشك الانقسام.

◀ يظهر هذا التسلسل كيف تبتلع الأميبة غذاءها، وتكون فجوة غذائية، وتهضم الطعام، ثم تمتص المواد المغذية، قبل أن تتخلص من الفضلات.

◀ تظهر هذه الصورة بالمجهر الإلكتروني الماسح الديدنيوم المفترس يهاجم أواليا هدبيا (من الفصيلة ذاتها) يدعى المُتَناعِلة. يطلق الديدنيوم سهما مسموما على المتناعلة التي يبلغ طولها 150 مكم لشل حركتها، ثم يفتح "خطمه" لابتلاع الفريسة الأكبر منه حجما. يتحرك كلا الأواليان باستعمال الأهداب، المرتبة على شكل "حزامين" عند الديدنيوم، بينما تغطي المتناعلة كليا.

◀ الشوامس أميبات تشبه الشمس المشرقة، وتوجد في المياه العذبة والبحار. هذه الصورة المجهرية الضوئية تظهر واحدا من هذه الشوامس يبلغ قطر "جسمه" 50 مكم، ويستخدم أقدامه الزائفة الشبيه بالإبر (تدعى العنيفات المحورية الكاذبة) للتحرك واقتناص الطعام. التكبير 120x

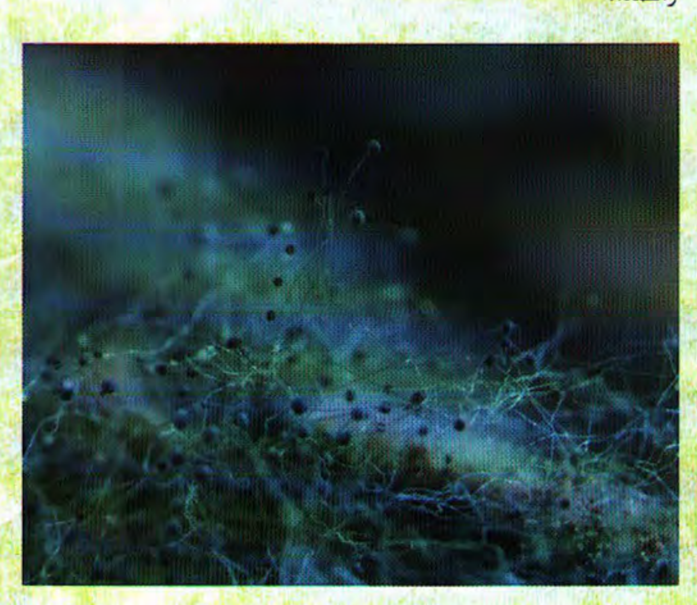
الفطريات

لا تنتمي الفطريات إلى النباتات ولا الحيوانات، بل تشكل مجموعة من الكائنات الحية تشمل الفطر، والغاريقون السام، والفقع، إضافة إلى العفن على النباتات، والخبز، والخمائر. لكن إذا أمكن مشاهدة أغلب هذه الفطريات بالعين المجردة، فلماذا ضمنت في هذا الكتاب (عن الحياة المجهرية)؟ هنالك أسباب ثلاثة وراء ذلك. أولا، لأنها مكونة فعلا من كتلة من الخيوط المجهرية الدقيقة، بالرغم من أن الفطريات الكبيرة تبدو صقيلة وملساء. ثانيا، بسبب طريقتها في التغذي. وأخيرا بسبب الأبواغ التي تطلقها حتى تتمكن من التكاثر.

خيوط التغذية

لا تستخدم الفطريات أشعة الشمس لصنع الغذاء، كما تفعل النباتات والطحالب، ولا تتجول بحثا عن الطعام ثم تأكله، كما يفعل العديد من الحيوانات. وبدلا من ذلك، تتغذى الفطريات بواسطة خيوط مجهرية تدعى «الخيطان الفطرية»، التي تنمو عبر مصدر للغذاء. تطلق شبكة الخيطان الفطرية («الأفاطير») إنزيمات، وهي مواد كيميائية تهضم أو تفكك الغذاء المختار إلى حساء من المغذيات البسيطة تمتصه الخيطان الفطرية. تنتشر خيطان (أو «أفاطير») عفن الخبز عبر الخبز، بينما تستطيع خيطان الفطر الأرضي أن تمتد عبر تربة حقل برمته. معظم الفطريات، كالفطر الأرضي والعفن، فطريات رمّامة – أي تتغذى على الحيوانات والمواد النباتية الميتة. لكن بعضها طفيلي، يتغذى على الكائنات الحية ويسبب الأمراض للبشر، مثل داء قدم الرياضي، وللنباتات، مثل العفونة والصدأ.

◄ على شاكلة معظم الفطريات، تتكاثر هذه الفقع (الكمثرية الشكل) بواسطة أبواغ تنشرها في الهواء. وكما يبدو هنا، تطلق فطور الفقع سحبا مكونة من ملايين الأبواغ المجهرية عبر فتحة في أعلى جسمها المثمر.



◄ يكاد من المستحيل التعرف على قطعة الخبز هذه بسبب كمية عفن الخبز الصوفي التي تغطيها. هنا، يمكن رؤية الخيطان الفطرية المتشابكة وهي تنمو مرتفعة عن الخبز، وتبدو في أعلاها جسيمات دائرية مثمرة. تنفجر هذه الأجسام مطلقة أبواغ صغيرة. التكبير 12x



▲ حبات العنب هذه مغطاة بطبقة شمعية رمادية سببتها ملايين خلايا الخمائر التي تتغذى على العصارات السكرية التي ترشح من سطح العنب الخارجي.

◀ تظهر صورة المجهر الإلكتروني الماسح هذه خلايا الخمائر. يبلغ قطر أكبرها 10 مكرومتر.

الخلايا الفردية

لا تتكون جميع الفطريات من خيطان فطرية. الخمائر مثلا فطريات مجهرية توجد على شكل خلايا فردية. وتتكاثر بواسطة عملية تدعى التبرعم. حيث تنتج خلية خمائر «والديّة» خلية جديدة، أو «برعماً» يبقى مرتبطا بها إلى أن ينفصل ليعيش حياته الخاصة. تمتص خلايا الخمائر المغذيات من البيئة المحيطة مباشرة. على سبيل المثال، تحصل الخمائر التي تعيش على الثمار على الطاقة من العصائر السكرية وتطلق ثاني أكسيد الكربون. تستخدم هذه العملية في صناعة الخبز (راجع الفصل الثالث). بعض الخمائر طفيلية، كتلك التي تسبب مرض السُلاَق عند البشر.

مليارات من الأبواغ

تنمو خيطان معظم الفطريات بشكل غير مرئي عبر مصادر الطعام كالخبز، والتربة، وعجينة ورق الجدران، والألواح الأرضية، وفضلات الطيور، وأوراق الشجر اليابسة، وأنسجة الثمار أو الحيوانات والنباتات الحية. ولكن تشكل الفطريات، حتى تتكاثر، أجساما مثمرة غير مرئية تطلق أبواغا مجهرية في الهواء. في العفن المجهري، تكون هذه الأجسام المثمرة عبارة عن كريات تغطي قمة الناميات الصوفية للخيطان الفطرية، وتنفجر لتحرر محتوياتها. أما في الأشكال الأكبر، فإن الأفاطير المشدودة من الخيطان تكون فقعاً يمكنها إطلاق مليارات الأبواغ خلال وقت قصير. في كلتا الحالتين، تحوم الأبواغ الصغيرة التي تحوي خلية فطرية أو اثنتين في الهواء. ولسوف ينتشر ما يهبط منها على مصدر غذاء مناسب، وينمو ليشكل فطراً جديداً.

حيوانات دقيقة

تستحضر كلمة «حيوان» على الأغلب شيئاً واضحاً للعيان كالأسد أو النحلة. لكن هنالك الكثير من الحيوانات المجهرية - لنسميها مثلا الحيوانات الدقيقة - تعيش دون أن تلحظها عيوننا. تشمل هذه الفئة الهايدرا (حيوان مائي متعدد الرؤوس من أقرباء شقائق النعمان البحرية)، والقشريات الدقيقة (من أقرباء السرطان والكركند)، والسوس الصغير والعقارب الزائفة (من أقرباء العناكب)، والحشرات الدقيقة، بالإضافة إلى العديد من أنواع الحيوانات. تتكون الحيوانات الدقيقة، كأقربائها الأكبر حجما، من العديد من الخلايا ويتكون طعامها من النباتات أو/ والحيوانات الأخرى. توجد الحيوانات الدقيقة في كل مكان، لكننا سنعاين هنا ثلاثة مواطن بيئية طبيعية - التربة، والماء، ومنازلنا.

التكبير 17.5x

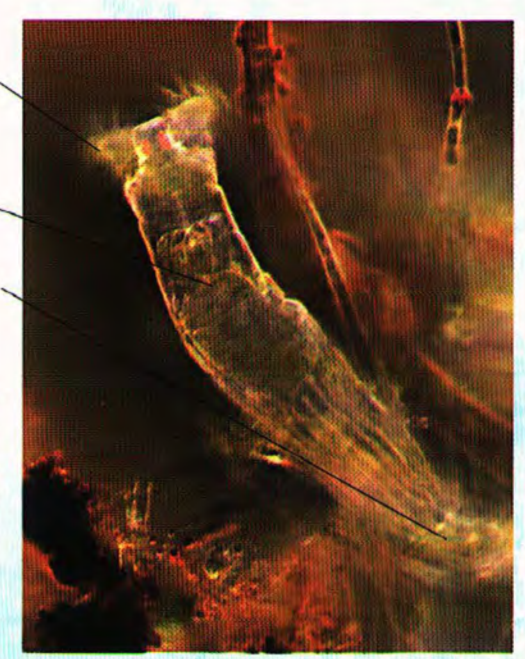
يعيش العقرب الزائف، الذي لا يتجاوز طوله 3 مم، في أوراق الشجر المتفسخة. وكأقربائه من العقارب كبيرة الحجم، يمتلك العقرب الزائف مخالب، ولكنه يفتقد ذيل العقرب المعقوف وإبرته.

برعم

التكبير 140x

في التربة

تزدحم التربة وأوراق النباتات الميتة (أوراق ومواد النباتات المتعفنة في التربة) بحشود ضخمة من الحيوانات الدقيقة. فإلى جانب الفطريات والبكتيريا التي تعيش في التربة، تتغذى الحشرات البدائية، مثل الحشرات عديمة الأجنحة رفاصية الذيل، على الحيوانات والنباتات الميتة. وتحتوي أي حفنة تراب على ملايين من الديدان المجهرية ذوات الأجسام الأسطوانية الملساء (تسمى الديدان المدورة)، التي تتغذى على المواد المتعفنة، إضافة إلى الفطريات وجذور النباتات. الصيادون متربصون هنا أيضا. فالعقارب الزائفة تقتفي أثر فريستها بواسطة اللمس، ثم تستخدم كلاباتها للامساك بها وحقنها بالسم، قبل أن تمتص العصارة من الضحية المشلولة.



تعيش الدوارات (أو الحيوانات الدولابية)، التي لا يتجاوز طولها 0,5 مم، في برك الماء العذب. يلتصق هذا الحيوان الدوار بنبتة باستخدام "إصبع قدمه". ولرأسه حلقتان من الأهداب الشعرية الشبيهة بالدواليب، تشكل تيارات مائية تسحب جسيمات الطعام إلى فمه ومعدته. التكبير 150x



في الماء

يتكشف عالم جديد كليا من الحياة الحيوانية عند وضع قطرة من مياه بركة تحت المجهر. تعيش العوالق الحيوانية، وهي حيوانات صغيرة تتغذى على حيوانات أو نباتات أصغر (راجع الفصل الثالث)، قرب السطح، وتوفر بدورها طعاما لحيوانات أكبر حجما. بعضها عبارة عن يرقات ستنمو لتغدو حيوانات بالغة. بعضها الآخر، مثل الجادف (جنس من القشريات يعثر على غذائه المكون من الطحالب والحيوانات الميتة عن طريق اللمس)، يمضي حياته هنا. ويعيش غيرها (مثل الدوارات والهايدرات) ملتصقا بالنباتات والصخور. تمسك الهايدرا بفريستها العابرة باستخدام لوامسها المسلحة. وتتكاثر بواسطة برعم ينمو ثم يسقط في نهاية المطاف ليشكل فردا جديدا.

يبلغ طول الجادف (وهو حيوان قشري صغير أخذ اسمه اللاتيني/Cyclops من اسم العملاق ذي العين الواحدة في الأساطير اليونانية) حوالي 2 مم. يحرك الجادف هوائياته الريشية الطويلة لسحب جسمه في مياه البرك والبحيرات. ومن السهل التعرف على أنثى الجادف هذه بسبب وجود كيسي البيض المملوئين بالأنسال الآتية. التكبير 24x

▼ تظهر هذه الصورة بالمجهر الإلكتروني الماسح هايدرا تعيش في البرك، يبلغ طولها مع البرعم (نسلها) حوالي 1,5 مم. تلتصق الهايدرا بقوة بإحدى النباتات، وتطلق خيوطا تشل الفريسة العابرة، ثم تجرها نحو فمها بواسطة اللوامس.

في المنزل

حتى في أكثر المنازل نظافة، تتخفى مخلوقات لا تراها العين. سوسة الغبار هي أكثر تلك المخلوقات عددا، حيث يوجد منها أكثر من 5,000 في كل غرام من الغبار. تعيش سوسة الغبار أنّى وجدت كمية كافية من قشور ورقاقات الجلد، كالحشايا، حيث ترش عصارات هاضمة على الجلد الميت، ثم تمتص السائل اللذيذ الناتج. أما استنشاق الغبار المحتوي على فضلات سوسة الغبار، فقد يسبب الربو عند بعض الأشخاص. تشمل الحيوانات الدقيقة من قطّان المنازل قمل الكتب والبراغيث، وهي من الحشرات عديمة الأجنحة. تتغذى قملة الكتب التي لا يتجاوز طولها 2 م، على صفحات الكتب القديمة، مخلفة ثقوبا صغيرة كدليل يثبت وجودها. أما البراغيث، بلونها البني الداكن، وحجما الذي لا يزيد عن رأس الدبوس، فتتغذى على دم القطط والحيوانات الأليفة الأخرى، ولكنها حين تجوع قد تتحول - مضطرة - إلى البشر.

▼ يبلغ طول سوسة الغبار هذه (من أقرباء العناكب) 0,2 مم. وهي تتحرك عبر الشعر والألياف، التي تشكل جزءا من الغبار المنزلي، بحثا عن طعامها المفضل - قشور الجلد البشري.

موجز الفصل الثاني



صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لبكتيريا عقدية تلتصق بخلية من خلايا اللوزتين في الحلق. التكبير 33.000x

تنوع العالم المجهري

العالم المجهري شديد التنوع. ومعظم الكائنات المجهرية التي تسكنه من وحيدات خلية (مكونة من خلية واحدة فقط)، ولكن هناك أيضا أنواعا متعددة الخلية (عديدة الخلايا). ولكي نستطيع فهم هذه الكتلة الضخمة من الحياة المجهرية، نقوم بترتيبها وتصنيفها إلى فئات ومجموعات، اعتمادا على شكلها وأسلوبها الحياتي.

المضمومات، وبدائيات النواة، والأولانيات

الفيروسات أبسط أنواع الميكروبات، وهي عبارة عن مضمومات (رزم) كيميائية محاطة برداء وقائي. ومن الصعب اعتبارها أشكالا حياتية لأنها لا تتغذى ولا تتحرك، ولا تتكاثر إلا بإصابة خلية حية. تتكون كل مضمومة فيروسية من مجموعة من التعليمات لإنتاج المزيد من الفيروسات - وتعمل هذه التعليمات عندما يغزو الفيروس خلية حية. أما البكتيريا فهي أكثر الكائنات الحية وفرة وانتشارا على الأرض، وتتألف من خلية مفردة بدائية النواة - خلية بكتيرية محددة ليس لها نواة، وذلك على العكس من خلايا الكائنات الأخرى. في حين تعيش الأولانيات - كالطحالب الشبيهة بالنبات والأوالي الشبيهة بالحيوانات -الأكبر حجما من البكتيريا في الماء والأماكن الرطبة.

صغير وكبير

هنالك مجموعتان من الكائنات الحية الأخرى - الفطريات والحيوانات - تضمان بعض الأنواع المجهرية (الخمائر والدوارات) وأخرى كبيرة (الفقع والفيلة). تجمع الفطريات المجهرية، إلى جانب الفيروسات والبكتيريا والأولانيات، ضمن فئة الكائنات المجهرية، ويدرسها علماء واختصاصيو الأحياء المجهرية (الميكروبيولوجيا). تتغذى الفطريات بواسطة خيوط صغيرة تدعى الخيطان الفطرية، تنمو عبر مصادر الغذاء. في هذا الكتاب، نسمي الحيوانات المجهرية الحيوانات الدقيقة. وهذه تتغذى على الطعام كأقربائها من الحيوانات الكبيرة.

مراجع إضافية..



قم بزيارة «أصغر» صفحة على الويب لتفحص البكتيريا، والأولانيات، والحيوانات الدقيقة في قطرة ماء:

www.microscopy-uk.org.uk/mag/wimsmall/smal1.html

يوفر موقع الجمعية الجغرافية «سلطة حكم البكتيريا» معلومات عن الحشرات (البق) والجراثيم:

http://nationalgeographic.com/world/0010/bacteria

للحصول على وصف واضح للميكروبات، انظر:

www.microbe.org/microbes/what_is.asp

www.microbe.org

انظر:

Megabites Microlife by David Burnie (Dorling Kindersley, 2002).

اختصاصي الجراثيم: عالم متخصص في دراسة البكتيريا.

اختصاصي الفطريات: يستكشف بيولوجية واستخدامات العفنيات والخمائر والفطريات الأخرى.

اختصاصي الطفيليات: يدرس البنية، والتركيبة الكيميائية الحيوية، ودورات حياة الطفيليات.

اختصاصي الأواليات: يدرس الأولانيات (وحيدات الخلية) الشبيهة بالحيوانات.

اختصاصي الفيروسات: عالم أحياء مجهرية يدرس الفيروسات، والأمراض التي تسببها، وكيف تنقل العدوى إلى الخلايا.

يغطي معرض خصائص وسمات الحياة في متحف الاستكشاف العديد من الأشكال الحياتية:

www.exploratorium.edu

شاهد «الممالك الخفية» - معرض عالم الميكروبات على موقع:

www.nyhallsci.org

الفصل الثالث

داخل العالم المجهري

تكشف نظرة داخل العالم المجهري الكثير عن كيفية حياة وعمل الميكروبات. في الواقع، كلما كشفنا عن هذه الكائنات الحية الصغيرة، أدركنا حجم تأثيرها، ليس فقط في حياتنا بل في جميع الكائنات الحية على الأرض. وكما كتب لويس باستور عام 1869: «دور المتناهي في الصغر متناه في الكبر». وفي حين يصح القول إن الكائنات الدقيقة أثرت تأثيرا سلبيا في البشر وغيرهم من الكائنات الحية على مر التاريخ، حيث كانت السبب وراء الأمراض، إلا أننا ندرك اليوم حجم المساعدة التي قدمتها لنا. وبتعبير أكثر بساطة، ما كانت الحياة لتظهر لولا العالم المجهري.



مستعمرة من عفن "المكنسية المعينة" تنمو على مستنبت مغذ. اكتشاف العالم الكسندر فلمينغ (عام 1928) بأن المادة التي يطلقها هذا الفطر قاتلة للبكتيريا أدى في نهاية المطاف إلى إنتاج البنسلين، أول مضاد حيوي . التكبير 4x

الإنذار الفيروسي

الفيروسات مضمومات (رزم) طفيلية من مواد كيميائية، يتوجب عليها السيطرة على خلايا الكائنات الحية حتى تتمكن من التكاثر. يسبب العديد منها أمراضا تتراوح بين المعتدلة والخطيرة. ونحن نعتمد على جهازنا المناعي (الدفاعي) الداخلي لتدمير الفيروسات المهاجمة قبل أن تبدأ هي بتدمير أجسامنا. واليوم، يمكننا وقاية أنفسنا من الأمراض الفيروسية المعروفة، مثل الحصبة أو الحميراء (الحصبة الألمانية)، بواسطة التلقيح، الذي «يدعم» جهازنا المناعي. لكن الفيروسات تتغير ونحن بحاجة دوما إلى التيقظ والحذر من نسخ جديدة أشد فتكا.



▲ علَم هذا الفيروس بخطوط صفراء زهرة الزنبق التي تكون حمراء في العادة. تنتقل العدوى الفيروسية من جيل إلى آخر، ويقدر قيمتها الكبيرة زراع الورود بسبب الأنماط الملونة التي تنتجها.

◀ يرتدي الباحثون ملابس واقية عند دراستهم لنسيج مأخوذ من قرد إفريقي يشتبه بأنه يحمل فيروس حمى الايبولا، وهي مرض فيروسي مزعج وخطير، يؤدي إلى الوفاة عادة.

التسبب بالمرض

قد لا تؤدي العداوى الفيروسية إلى أضرار، كتغيير ألوان الزهور. ولكن الفيروسات عموما تسبب الأمراض أثناء تكاثرها وخروجها من الخلايا المصابة. يمكن التغلب بسهولة على العداوى الخفيفة، كالزكام. كما يتغلب الجهاز المناعي في العادة على أنواع أخرى من العدوى، كالنكاف والحصبة. ولكن يمكن للفيروسات تغيير «هويتها» وإنتاج سلالات جديدة أشد خطورة، سلالات يعجز الجهاز المناعي عن التعرف عليها. بين عامي 1918-1919 مثلا، أدت سلالة جديدة من فيروس الأنفلونزا إلى وباء عالمي أهلك أكثر من 20 مليون شخص - أي أكثر من عدد قتلى الحرب العالمية الأولى (1914- 1918).

التكبير 194.000x

◀▲ صبي يظهر عليه طفح جلدي ناجم عن الحصبة. ويبدو في الصورة فيروس الحصبة محاطا بكبسولة من غشاء خلية بشرية، الأمر الذي يساعده على "التخفي" من جهاز الجسم المناعي.



الأمراض المدارية

الحمى الصفراء مرض مداري، مهلك في بعض الأحيان، أخذ اسمه من اصفرار الجلد الناجم عن الفيروس الذي يخرب الكبد. جسدت الحمى الصفراء مشكلة خطيرة في القرن التاسع عشر في أمريكا الوسطى. وبقي سببها مجهولا حتى عام 1900 حين أظهر طبيب في الجيش الأمريكي يدعى والتر ريد (1851–1902) وفريقه، أثناء عملهم في كوبا، أن الحمى الصفراء سببها فيروس، وتنتقل بواسطة البعوض. اليوم، يمكن الوقاية من الحمى الصفراء عن طريق اللقاح، ولكن ذلك لا ينفع في حالة حميات النزيف الدموي الفيروسي. ففي إفريقيا الوسطى، مثلا، تتفشى حمى الايبولا عندما ينتقل الفيروس من القرود إلى البشر، أو من شخص لآخر. يسبب المرض نزيفا داخليا حادا ويؤدي إلى الوفاة عادة.

الزاعجة المصرية تدفع إبرتها عبر الجلد لتتغذى على الدم. في كل مرة تتغذى فيها، قد تنقل هذه البعوضة (الأنثى) واحدا من مرضين فيروسيين مداريين: حُمّى الضنك الشبيهة بالزكام، أو الحمى الصفراء (الأشد خطورة)، بعد أن تلتقط فيروسه من دم شخص مصاب. التكبير 8x

تدمير الدفاعات

تستهدف بعض الفيروسات الجهاز المناعي. وهذه تشمل فيروس العوز المناعي البشري، الذي تم التعرف عليه عام 1983، ويسبب مرض الإيدز (متلازمة العوز المناعي المكتسب). تُعد اللمفاويات (خلايا تتعرف على الجراثيم وتدمرها) أحد أهم أقسام جهازنا المناعي. يغزو فيروس العوز المناعي البشري اللمفاويات ويتكاثر داخلها. مما يضعف الجهاز المناعي، ويؤدي في نهاية المطاف إلى الإصابة بالإيدز –حالة مرضية يعجز الجسم فيها عن مقاومة حتى الأمراض العادية الخفيفة، فتجتاحه العدوى، مما يؤدي إلى الوفاة. لا يتوفر علاج ناجع للإيدز في الوقت الراهن، لكن هناك أدوية معينة تستطيع إبطاء تقدم عدوى الفيروس.

لفيروس العوز المناعي البشري (الذي يبلغ قطره 100 نم) نتوءات حادة تلتصق باللمفاويات. التكبير 520.000x

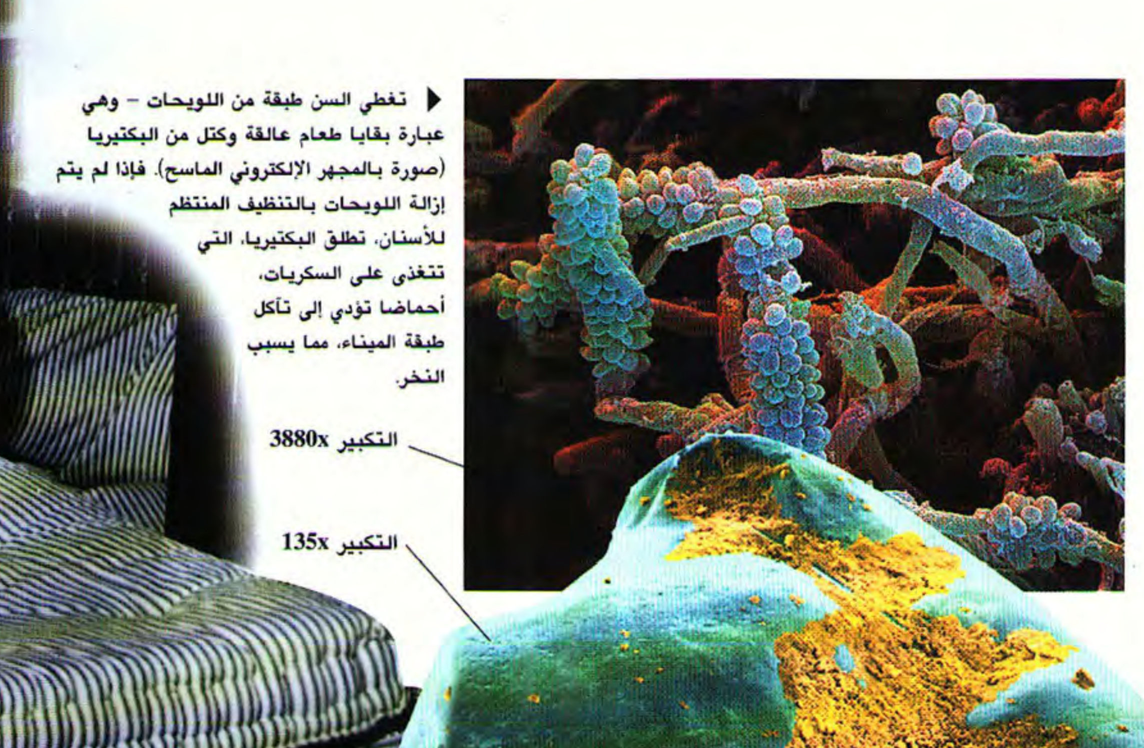
تظهر صورة المجهر الإلكتروني الماسح هذه خلية لمفاوية بشرية مصابة بفيروس العوز المناعي البشري، وتبدو فيروسات جديدة تبرز إلى سطحها. التكبير 7.300x

البكتيريا - عدو أم صديق؟

تؤثر البكتيريا على حياتنا في العديد من النواحي. بعضها مؤذ ويسبب لنا المرض. لكن بعضها الآخر يطلق في الجو الأوكسجين الضروري للحياة، أو يعيد «معالجة» الكائنات الميتة للحفاظ على توازن المواد المغذية في الهواء والتربة. هنالك أنواع أخرى من البكتيريا تستخدم لصناعة الأطعمة، كالجبن، بالإضافة إلى الأدوية وغيرها من المواد الكيميائية المفيدة. فبدون البكتيريا ما كانت النباتات، والبشر، والحيوانات لتوجد على الأرض.

بكتيريا ضارة

تعيش بعض أنواع البكتيريا على/ أو داخل كائنات حية أخرى. والعديد منها لا يسبب أي ضرر، بل إن بعضها مفيد لنا. لكن أنواعا أخرى من البكتيريا، المعروفة باسم الجرّاثيم أو العوامل الممرضة، يمكن أن تصيب الحيوانات والنباتات بالمرض إذا ما تغلغلت في أنسجتها. تسبب البكتيريا الممرضة أمراضا خطيرة للبشر، مثل التيفوئيد، والسل، والطاعون، والتهاب السحايا، بالإضافة إلى حالات مرضية أقل حدة، مثل حب الشباب وتسوس الأسنان. في العادة، تؤذي البكتيريا الممرضة الكائن الحي عبر إطلاق مواد كيميائية سامة في جسمه تدعى الذيفانات، يمكن أن تعيق أنشطة الخلايا أو حتى تدمرها. فذيفان البوتولين السام الذي تطلقه بكتيريا المطثية الوشيقية، يسبب تسمماً غذائياً خطيراً للبشر يدعى التسمم بالسجق، ويعد من أقوى السموم الطبيعية المعروفة - إذ تكفي قطرة واحدة منه لقتل 100,000 شخص.



تغطي السن طبقة من اللويحات – وهي عبارة بقايا طعام عالقة وكتل من البكتيريا (صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح). فإذا لم يتم إزالة اللويحات بالتنظيف المنتظم للأسنان، تطلق البكتيريا، التي تتغذى على السكريات، أحماضا تؤدي إلى تآكل طبقة الميناء، مما يسبب النخر.

التكبير 3880x

التكبير 135x



▼ يظهر في هذه الصورة، التي تعود إلى الحرب العالمية الثانية (1939–45)، جنود أمريكيون يرشون الفرش في مهاجع ثكنات الجيش بمبيد للحشرات للقضاء على القمل. حين يتغذى القمل على الدم البشري، يمكن أن ينشر مرضا بكتيريا فتاكا يدعى التيفوس.

◀ تظهر صورة المجهر الإلكتروني الماسح هذه مقطعا من بكتيريا بحرية من الزراقم (بدائيات النواة) تسمى الكاربا الجلدية. يمكن مشاهدة الأغشية التي تحتوي على صباغ اليخضور بوضوح داخل الخلية البكتيرية التي يقارب قطرها 4 مكرومتر. "يحتجز" اليخضور، الذي يوجد في النباتات أيضا، طاقة أشعة الشمس لصنع السكر (الغذاء) للبكتيريا وإطلاق الأوكسجين. التكبير 17.350x

جزء من الطبيعة

تشكل معظم البكتيريا جزءا طبيعيا من حياة التربة والماء والمواطن الطبيعية الأخرى. ويطلق العديد منها المواد المغذية، كالكربون والنيتروجين، الضرورية للنبات والحيوان. مجموعة واحدة من البكتيريا، تدعى الزراقم، تصنع الغذاء بحجز طاقة أشعة الشمس. تستهلك هذهُ العملية المعروفة باسم التخليق الضوئي، ثاني أكسيد الكربون، وتطلق الأوكسجين. لقد أتقن «أسلاف» الزراقم هذه العملية منذ ما يقرب من مليارَي سنة، أي قبل ظهور النباتات بزمن طويل. فانطلق في الغلاف الجوي قبل حوالي سبعمائة مليون سنة ما يكفي من الأوكسجين للسماح بظهور كائنات حية تتنفس الأوكسجين، ومنها البشر في نهاية المطاف.

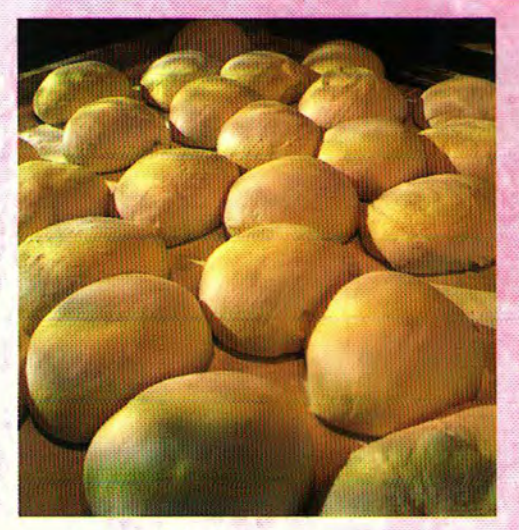
بكتيريا تساعد البشر

نستخدم البكتيريا من أجل تشكيلة واسعة من الغايات. فبعضها ينتج المضادات الحيوية (التي تقتل البكتيريا الممرضة) بالإضافة إلى غيرها من الأدوية. وتعتمد صناعات مثل التخمير ودباغة الجلود على مواد كيميائية تنتجها البكتيريا. والبكتيريا الموجودة في مصانع معالجة المياه، تساعد في تفكيك المخلفات العضوية البشرية وتحولها إلى مواد غير ضارة. وحتى ذيفان البوتولين السام يمكن استعماله في التجميل – يدفع بعضهم المال لحقن محلول مخفف منه تحت بشرة الوجه، ليساعد على استرخاء العضلات وإزالة التجاعيد.

▼ تلعب بكتيريا الملبنات وغيرها دورا مهما في صناعة الأجبان، والألبان، وسواها.

الفطريات أثناء العمل

تنمو الأبواغ الفطرية المجهرية المحمولة في الهواء لتصبح فطريات جديدة حالما تهبط على مصدر غذاء مناسب ومفضل. هنا يبدأ عملها، حيث تخترق الخيطان الفطرية المجهرية الكائنات الميتة أو الحية وتهضمها، ثم تمتص ما ينطلق من مغذيات. وعندما تعمل بهذا الأسلوب، تمارس الفطريات التأثير علينا نحن البشر بطرق شتى، بعضها مفيد، وبعضها مضر. نحن نستخدم الفطريات كغذاء، ولصنع الأدوية. وهي تلعب دورا في دورات الحياة الطبيعية، حيث تحلل المواد الميتة وتطلق المواد المغذية الضرورية للأجيال الجديدة، ولكن هذه القدرة على التحليل قد تخرب المواد التي نستخدمها في حياتنا اليومية. ويمكن أن تؤدي إلى إصابة البشر والحيوانات والنباتات بالمرض.



▲ يترك العجين ليتخمر (وينتفخ) في مكان دافئ قبل خبزه في الفرن. يحتوي العجين على الخميرة، وهي فطريات وحيدة الخلية تفكك السكر للحصول على الطاقة، مطلقة ثاني أكسيد الكربون الذي يجعل العجين ينتفخ، والخبز سهل الهضم.

الفطر المفيد

تتغذى الخمائر المجهرية على السكريات وتطلق غاز ثاني أكسيد الكربون - الذي يجعل الخبز ينتفخ - والايثانول (الكحول) - الذي يستعمل لإنتاج المشروبات كالبيرة والنبيذ. ويؤكل الفطر بمختلف أنواعه في جميع أصناف الطعام. أما العفنيات، كالفطريات المكنسية، فتعطي الأجبان ألوانها ونكهاتها المميزة. تستخدم الفطريات أيضا في صناعة صلصة الصويا، وتحويل فول الصويا إلى بروتين نباتي (الذي يصنع منه طعام التوفو الياباني الشهير). كما نستخدم الفطريات لصناعة مضادات حيوية قاتلة للبكتيريا، كالبنسيلين، بالإضافة إلى أدوية أخرى كالسايكلوسبورين، الذي يوقف رفض الجسم للأعضاء المزروعة، مثل الكلى.

التكبير
4.350x

◀▼ يسبب مرض قدم الرياضي الفطري الحكة، إضافة إلى تقرحات وتشققات جلدية على أصابع القدم. تظهر صورة المجهر الإلكتروني الماسح هذه الخيطان الفطرية للشعروية الذقانية، وهي من الفطريات التي تسبب مرض قدم الرياضي، وتنتشر بواسطة القشور الجلدية. يتغذى هذا الفطر على الكيراتين، وهو بروتين يوجد في الأنسجة المتصلبة وفي الطبقة الخارجية من البشرة. يمكن معالجة مرض قدم الرياضي باستعمال مراهم مضادة للفطريات.



▲ هذا الخشب متضرر بشدة بسبب فطريات تسبب العفن الجاف. الحزم السميكة من الخيطان الفطرية تنتشر عبر مسافات طويلة للتغذي على الخشب الرطب، إلى أن يتداعى في نهاية المطاف. الحل الوحيد هو قطع الخشب المتعفن ورش المكان لمنع هجمة فطرية أخرى.

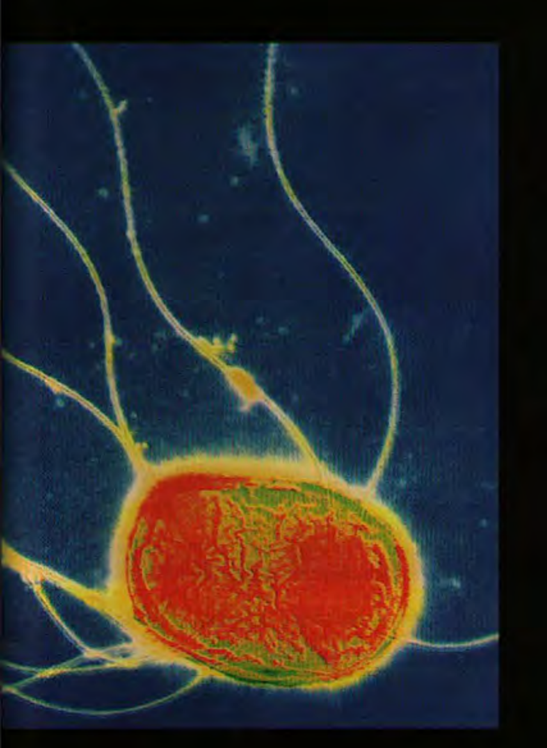
الفطريات المسببة للتحلل والتفسخ

تلعب الفطريات دورا حيويا في الغابات والحقول والمواطن الطبيعية الأخرى، حيث تساعد على تفكيك أو تحليل النباتات والبقايا الحيوانية الميتة. وتطلق هذه الفطريات مغذيات حيوية تحتاج إليها النباتات والحيوانات لتنمو وتزدهر. لكن الفطر المسبب للتحلل والتفسخ لا يفرق مثلا بين شجرة متفسخة في الغابة، والألواح الخشبية في منازلنا. على سبيل المثال، ينمو فطر العفن الجاف في الأماكن الرطبة بسرعة، ويدمر الأرضيات الخشبية إذا لم يعالج. بعض الأنواع الأخرى تسبب تعفن الفواكه الطازجة، واللحم، والخبز، والخضراوات والعديد من الأطعمة الأخرى، مما يجعلها متفسخة وغير صالحة للأكل. وتشمل هذه الفطريات التي تتغذى على الطعام، فطرا يهاجم الحبوب والبقول المخزنة، مطلقا سما يدعى افلاتوكسين (مستقلب فطري سام ومسرطن للكبد)، يقتل آلاف الأشخاص كل سنة. يمكن للفطريات أيضا أن تهاجم وتخرب معظم المواد التي نستعملها في حياتنا اليومية كالورق، والملابس، والجلود، والأصباغ، والوقود، والأفلام.

◀ هذه العلامات المغبرة البنية، التي نراها في هذه الصورة المقربة لسنبلة قمح، ناجمة عن إحدى فطريات "الصدأ". يلحق الصدأ أضرارا كبيرة بالمحاصيل، كالقمح والذرة، ويمكن أن يسبب خسائر جسيمة للمزارعين.

التسبب بالمرض

الفطريات الممرضة هي تلك التي تسبب المرض عبر التغذي على النباتات والحيوانات الحية، وليس الميتة. هنالك أكثر من 5,000 نوع من الفطريات، تشمل فطريات الصدأ، والسويد (مرض طفيلي نباتي)، والعفونة، تهاجم محاصيل غذائية مهمة اقتصاديا، كالقمح والذرة، لتحولها إلى مواد غير صالحة للأكل أو سامة. الفطريات تصيب وتخرب وتقتل الأشجار ونباتات الحدائق (كالورود). وبعض أنواعها تسبب المرض للبشر والحيوانات الأخرى. فمرض السعفة ناجم عن فطريات حلقية الشكل تسبب الحكة وتنمو على جلد الجسم أو الرأس. أما السلاق، أو داءُ المُبْيَضَّات، فينجم عن خمائر بيضاء تنمو في فتحات الجسم كالفم مثلا.



العدوى والدفاع

يخوض الناس معركة دائمة لتجنب غزو جيش معاد من العوامل الممرضة، أو الجراثيم، وهي الكائنات المجهرية التي تسبب الأمراض المعدية. فحالما يدخل العامل الممرض الجسم، يسبب المرض عبر نموه السريع وتكاثره، مما يعيق آلية عمل الجسم. يظهر الشخص المصاب أعراضا وعلامات نمطية للعامل الممرض والمرض الذي يسببه. ولتوقي غزو العوامل الممرضة، يمتلك الجسم سلسلة من الحواجز التي تشكل دفاعاته الخارجية. في العادة، تدمر دفاعات الجسم الداخلية العوامل الممرضة التي استطاعت اختراق هذه الدفاعات (الخارجية).

طرق الإصابة بالعدوى

تصل العوامل الممرضة الجسم أو تدخله عبر سبل مختلفة، من شخص آخر مصاب عادة. العديد من الأمراض، كالخماق والزكام، تنتشر عندما يستنشق شخص سليم عوامل ممرضة داخل قطيرات أطلقها شخص مصاب بالعطاس أو السعال. بعضها، مثل قرحة الزكام، ينتشر بالملامسة المباشرة بين الناس. وقلة منها، مثل الملاريا، تنتشر بواسطة الحشرات اللاسعة التي تتغذى على الدم متنقلة من شخص إلى آخر. أخيرا، هنالك أمراض، كتسمم الطعام، تنجم عن الطعام أو الماء الملوثين بعوامل ممرضة أتت من البراز البشري أو الحيوانات المدجنة.

الدفاعات الخارجية

ينبغي على العامل الممرض أن يخترق أولا دفاعات الجسم الخارجية قبل أن يسبب العدوى. الجلد حاجز لا ينفذ منه الماء ومقاوم للجراثيم، يحمي أعضاء الجسم الداخلية. كما يحتوي العرق والدموع واللعاب على مواد كيميائية مطهرة (قاتلة للجراثيم). أما الأنف والفم فمتخمان بالخلايا المصطفة، كالبنيان المرصوص، التي تمنع العوامل الممرضة من اختراق الأنسجة الداخلية. بينما يغطي الرغامى سائل مخاطي لزج يوقع في شركه العوامل الممرضة المنقولة بالهواء، التي تحمل بعدئذ إلى الحلق ويبتلعها الجسم. في المعدة، تقوم العصارات المعدية الحمضية القوية بتدميرها.

▼ قد تحتوي هذه القطيرات الخارجة عن طريق العطاس أو السعال الفيروسات المكللة التي يبلغ قطر كل منها 100 نانومتر، وتسبب الزكام. فإذا استنشقها شخص سليم، فإنها تغزو الخلايا داخل الأنف والحلق، مما يؤدي إلى سيلان الأنف وألم في الحلق.

التكبير 235.300x

التكبير 1175x



من أكثر أسباب تسمم الطعام شيوعا بكتيريا السلمونيلة الملهبة للأمعاء، التي تظهر في هذه الصورة بالمجهر الإلكتروني النافذ. هذه البكتيريا، التي لا يتجاوز طولها 1,25 مكرومتر، تدخل الجسم عن طريق الطعام الملوث (فوقه أو داخله)، خصوصا اللحم والدجاج والبيض ومنتجات الألبان. في الأمعاء الدقيقة، تطلق السلمونيلة ذيفانات تسبب التقيؤ والألم والإسهال. التكبير 35.000x

تتبرز هذه البقة المقبّلة (الفسفس) على الجلد البشري أثناء تغذيها على الدم. وقد يحتوي البراز أولانيات (وحيدات خلية) تسبب داء شاغاس (داء المثقبيات الأمريكي)، الذي يصيب القلب والجهاز العصبي، إذا دخلت عبر الجروح التي تسببها البقة. التكبير 2.5x

التكبير 1.900x

تظهر صورة المجهر الإلكتروني الماسح هذه إحدى البلاعم (واحدة من البلعميات المدافعة عن الجسم) وهي تطوق وتدمر أوليا غازيا يدعى الليشمانية. يسبب هذا العامل الممرض، الذي تنقله ذبابة الرمل المدارية اللاسعة، تقرحات جلدية في مكان اللسعة.

الدفاعات الداخلية

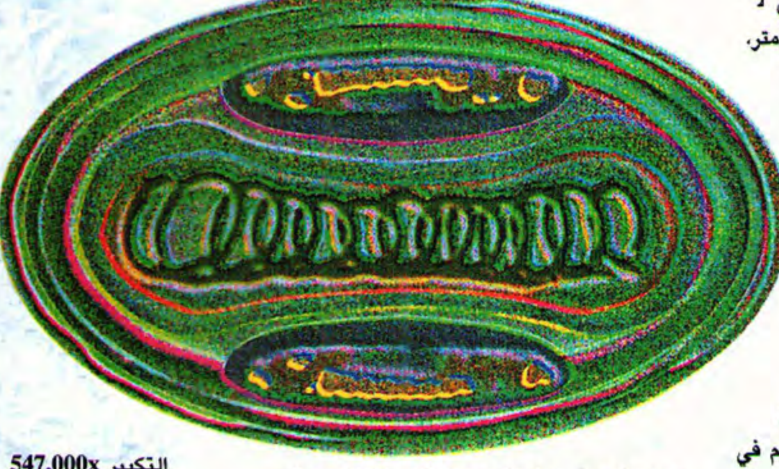
العوامل الممرضة القليلة التي تتمكن من اختراق الدفاعات الخارجية للجسم تواجه آليتين دفاعيتين اثنتين. أولا، خلايا تدعى البلعميات، التي تتجول في الجسم بحثا عن الغزاة الغرباء. وما إن تعثر على العوامل الممرضة حتى تطوقها وتهضمها. ثانيا، خلايا تدعى اللمفاويات، التي تشكل الجهاز المناعي للجسم. «تتذكر» هذه الخلايا هوية العوامل الممرضة المهاجمة، بحيث إذا عادت كرة أخرى، تنطلق منها مواد كيميائية قاتلة تدعى الأضداد، تستهدف وتدمر كل جرثومة. في الأحوال العادية، تتأكد هذه الدفاعات الداخلية من أن العدوى قصيرة الأمد. لكن بعض العداوى تحتاج مساعدة خارجية على شكل أدوية، كالمضادات الحيوية، لتدمير هذه العوامل الممرضة المغيرة.

تظهر صورة المجهر الالكتروني الماسح هذه رأس ابرة مغطى ببكتيريا عصوية (نبوتية)، يقارب طول كل منها 4 مكرومتر. إذا استخدمت هذه الابرة في الحقن، فانها ستدخل البكتيريا إلى الجسم، وتسبب العدوى. لذلك، فان من المهم أن يستعمل الأطباء والممرضات الابر المعقمة.

الأوبئة الكبرى

يحدث الوباء عندما ينتشر مرض معد بسرعة ليصيب أعدادا كبيرة من الناس. على سبيل المثال، ينتشر وباء الأنفلونزا كل عدة سنين، ويصاب به العديد من الأشخاص، خصوصا في المدن. يشفى معظم المصابين، لكن الحال لم تكن على هذا المنوال خلال الأوبئة الكبرى التي اجتاحت العالم في الماضي. فأمراض مثل الجدري والطاعون والكوليرا والحصبة والسل شكلت قسما من الأمراض التي أهلكت ملايين البشر. لكن حتى القرنين التاسع عشر والعشرين، لم يفهم أحد أسباب هذه الأمراض، ناهيك من كيفية علاجها.





التكبير 547.000x

◄ فيروس الجدري الذي لا يتجاوز قطره 0,2 مكرومتر، يظهر في هذه الصورة بالحاسب. على شاكلة العديد من الفيروسات الأخرى، يحيط بفيروس الجدري رداء خارجي من البروتين، ويتوسطه لب مركزي من الحمض النووي (DNA). وبالرغم من استئصال الجدري، إلا أن الفيروس لا يزال يستخدم في البحوث العلمية.

▼ يظهر في هذه الصورة، التي التقطت عام 1973، طفل من بنغلادش مصاب بالجدري. يمكن رؤية البقع والقروح المميزة للجدري على وجهه ورجليه. بعد سبع سنوات (1980)، أعلنت منظمة الصحة العالمية استئصال مرض الجدري.

بلاء الجدري

كان الجدري المعروف منذ أقدم العصور مرضا قاتلا رئيسا. فهو ينتقل بسهولة من شخص لآخر. ويعاني المصاب من حمى، يعقبها طفح جلدي يتحول إلى بثور مليئة بالقيح، تترك عادة ندوبا على وجوه الناجين. أما أكثر الناس عرضة لاختطار الإصابة بالعدوى فهم الذين لا يملكون مناعة طبيعية. على سبيل المثال، عندما وصل «الفاتحون» الأسبان إلى أمريكا الوسطى عام 1519، حملوا معهم الجدري وغيره من الأمراض. انتشرت الأوبئة بين السكان الأصليين الذين لم يملكوا أي مناعة ضدها، فانخفض عددهم من 30 مليونا إلى ثلاثة ملايين بخلال خمسين سنة فقط. وفي القرن الثامن عشر استعمل اللقاح لأول مرة لتوقي الإصابة بالجدري، وفي أواخر سبعينيات القرن العشرين، نجح البشر في استئصال المرض كلية.





▼ يرتدي هذا الطبيب في القرن السابع عشر قناعا على شكل منقار مليء بأعشاب قوية الرائحة (أزهار مثلا) لإبعاد الروائح الكريهة للموتى والجثث المتفسخة. لم يكن من المعروف كيف ينتقل الطاعون من شخص لآخر، واعتقد بعض الأطباء بأن روائح الأعشاب القوية قد تحميهم من الإصابة بالعدوى.

▲ تصور هذه المنحوتة الخشبية الطاعون الكبير الذي اجتاح إنكلترا عام 1665، وكيف كانت جثث الموتى تنقل لدفنها خارج أسوار مدينة لندن.

الموت بالطاعون

تسبب الطاعون بكتيريا تدعى اليرسنية الطاعونية. وغالبا ما يصيب المرض الجرذان، وينتقل بينها بواسطة البراغيث التي تتغذى على دمها. لكن حين تموت الجرذان نتيجة المرض، تتغذى البراغيث المصابة على دم البشر، فتنقل المرض إليهم. لم تكن هذه الحقائق معروفة عندما تفشى طاعون، دعي بالموت الأسود، وانتشر انطلاقا من آسيا ليهلك ثلث سكان أوروبا في أواخر أربعينيات القرن الرابع عشر. عانى الضحايا من أورام سوداء كبيرة، وتوفي معظمهم بطريقة مؤلمة بعد ذلك مباشرة. طاعون وبائي آخر اجتاح لندن عام 1665، وأهلك حوالي 100,000 شخص. أما اليوم، فالطاعون نادر الحدوث، ويمكن معالجته عادة باستخدام أدوية قاتلة للبكتيريا.



▶ تظهر هذه اللوحة الطبيب ادوارد جينر يعطي طفلا أول لقاح ضد الجدري عام 1796.

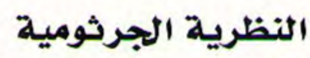
توفير التحصين والحماية

كان الجدري مرضا قاتلا ليس له علاج. لكن الطبيب الإنكليزي ادوارد جينر (1749-1823) لاحظ أن العاملات في حلب الأبقار اللاتي أصبن بجدري البقر (الذي يرتبط بصلة وثيقة بالجدري البشري، لكنه أقل خطورة)، لم يصبن بالجدري أبدا. أوحى له ذلك بفكرة: في عام 1796، نقل إلى الصبي جيمس فيبس (8 سنوات) جدري البقر بواسطة حك قيح مأخوذ من بثرة جدري البقر على ذراعه. بعد ستة أسابيع، نقل جينر الجدري (البشري هذه المرة) إلى الصبي، لكنه لم يصب بالمرض. فقد دفع جدري البقر جهازه المناعي ليشكل درعا دفاعيا واقيا ضد الجدري. بهذه الطريقة، اختبر جيمس فيبس أول عملية تلقيح في التاريخ .

▼ يبدو هنا العالم الاسكتلندي المتخصص في مبحث الجراثيم الكسندر فلمينغ داخل مختبره في لندن عام 1943، وهو يحمل "طبق بتري" يحتوي على عفن البنسلين.

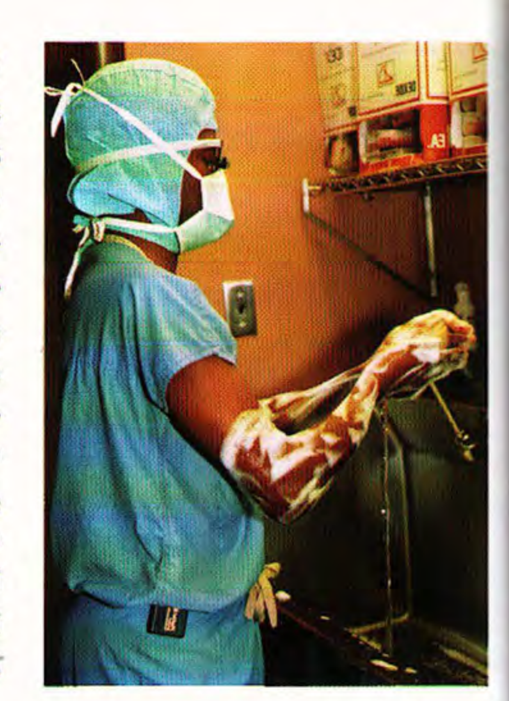
محاربو الميكروبات

بالرغم من أن انتوني فان ليونهوك شاهد البكتيريا وقدّم وصفا لها عام 1683، إلا أن الأطباء والعلماء لم يستطيعوا العثور، حتى منتصف القرن التاسع عشر، على العلاقة الرابطة بين الميكروبات والأمراض. واعتقد معظمهم أن الأمراض تنجم عن / وتنتشر بواسطة الهواء السام الذي يخرج من البرك الراكدة والفضلات البشرية. ولم تكتف سلسلة الاكتشافات التي ظهرت آنذاك بإثبات أن العديد من الأمراض ناجمة عن البكتيريا والفيروسات فقط، بل بينت أيضا كيفية مكافحة تلك الميكروبات والقضاء عليها. لكن دعونا أولاً نعود إلى القرن الثامن عشر.



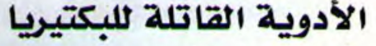
النظرية الجرثومية

نجح التلقيح في حماية الصبي جيمس (من الجدري)، لكن لم يعرف أحد السبب. كما لم يفهم الطبيب النمساوي اجناز سيميلويس (1818–1865) لماذا أدى إصراره على غسل الأطباء من زملائه أيديهم الملوثة بالدم والقيح قبل معالجة المرضى إلى تخفيض معدلات الوفاة من العدوى. بل سخر بعض الأطباء من اقتراح سيميلويس بأن العدوى يمكن أن تنتقل بواسطة أيديهم! في نهاية المطاف، وبدءا من ستينيات القرن التاسع عشر، قدم الأجوبة الشافية عالم الأحياء المجهرية الفرنسي لويس باستور (1822–1895) والطبيب الألماني روبرت كوخ (1843–1910). أما النظرية الجرثومية للعالمين النابهين فقد أثبتت بالدليل القاطع أن أنواعا محددة من البكتيريا (والفيروسات لاحقا) تسبب أمراضا معينة. وتبين أخيرا أن سيميلويس كان مصيبا – فغسل الأيدي القذرة يزيل البكتيريا الضارة.



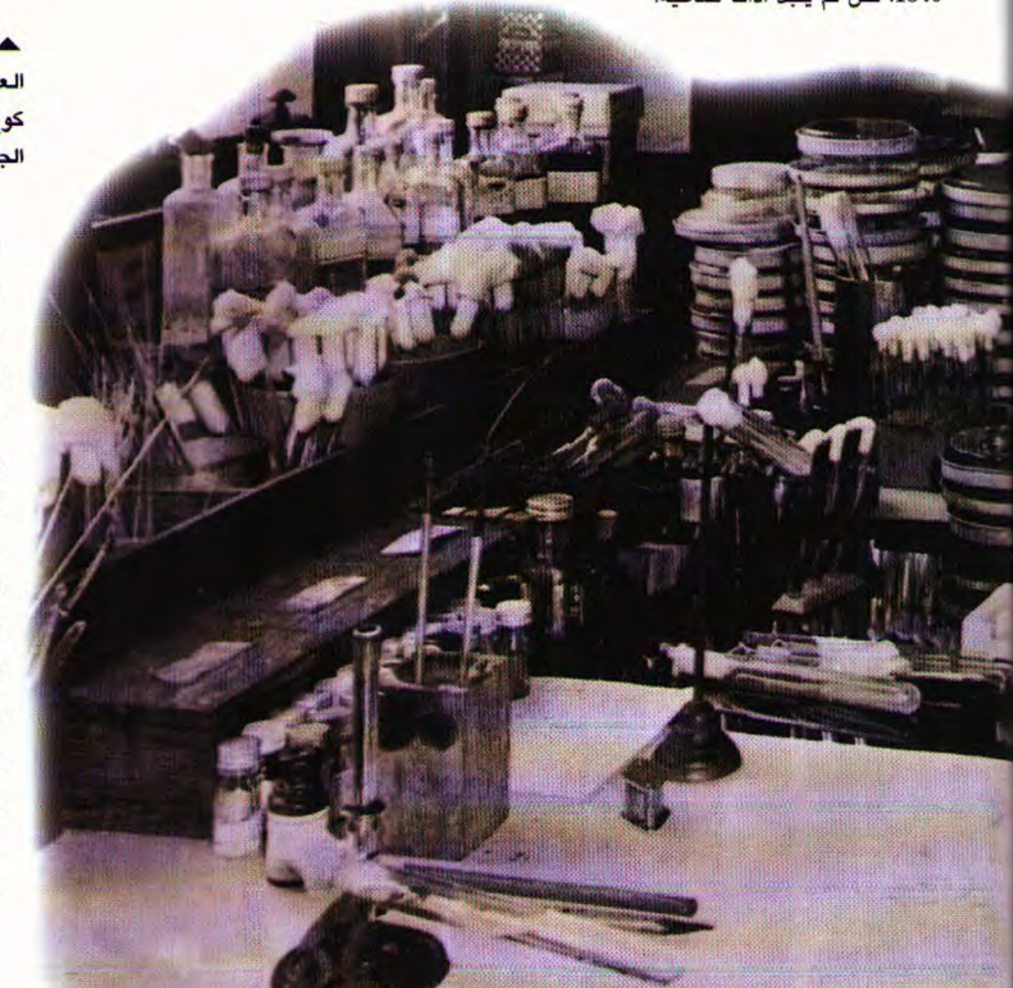
▲ يغسل هذا الجراح ذراعيه ويديه قبل إجراء عملية جراحية وذلك لإزالة أي جراثيم قد تصيب مريضه بالعدوى. النظافة في المستشفيات أمر حيوي لتوقي العدوى، تماما كما اقترح الطبيب اجناز سيميلويس عام 1840، لكن لم يجد آذانا صاغية.

▲ رسم توضيحي يعود إلى عام 1877 وضعه العالم الرائد في "اصطياد" الميكروبات روبرت كوخ. يظهر تاريخ حياة البكتيريا المسببة لمرض الجمرة الخبيثة.



الأدوية القاتلة للبكتيريا

بدأت المعركة ضد الميكروبات عندما اتضح سبب الأمراض المعدية. في عام 1865، استخدم الجراح الإنكليزي جوزيف ليستر (1827–1912) رذاذ حمض الكربوليك لقتل الكائنات المجهرية خلال العمليات الجراحية. في هذه الأثناء، بدأ بناء شبكات المجاري والصرف الصحي في أمريكا وأوروبا للتخلص من النفايات ومنع تلوث مياه الشرب بالبكتيريا الضارة. ثم بدأ البحث عن أدوية قاتلة للميكروبات. ولربما ظهر أهم اكتشاف في عام 1928، حين وجد العالم الاسكتلندي المتخصص في مبحث الجراثيم الكسندر فلمينغ (1881–1955) أن مادة كيميائية (البنسلين) تنتج عن عفن يدعى «المكنسية» قادرة على قتل البكتيريا المسببة للمرض. بدأ إنتاج البنسلين على نطاق واسع في أربعينيات القرن العشرين. ومنذ ذلك الحين، أنقذ البنسلين وغيره من المضادات الحيوية (أدوية قاتلة للبكتيريا) أرواح ملايين الناس.



الشراكة بين الميكروبات

في بعض الأحيان تكّون الكائنات المجهرية شراكات مع كائنات حية أخرى وتدخل في علاقة وثيقة تدعى التكافل (العيش معاً). تتخذ العلاقات التكافلية أشكالا عدة، بما فيها تبادل المنفعة والتطفل. تبادل المنفعة علاقة يستفيد منها الشريكان، ولا يمكن لأحدهما أن يعيش دون الأخر. والميكروب الذي يدخل في علاقة تبادل المنفعة يساعد شريكه الأكبر حجما (المضيف)، مقابل توفير مكان آمن للعيش. أما التطفل فهو علاقة تفيد أحد الشريكين (الميكروب) على حساب الآخر، وغالبا ما تسبب المرض.

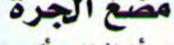
آكلات الخشب

العديد من الحيوانات تتغذى على النباتات، والجزء الرئيس من نظامها الغذائي هو مادة السلولوز، المركب الأساسي للهيكل الداعم للنبات. لكن معظم آكلات النباتات لا تستطيع هضم السلولوز الغني بالطاقة. ولا يمكنها الاستفادة من هذا المصدر الغذائي إلا من خلال شراكة مع كائنات مجهرية قادرة على هضم السلولوز. النمل الأبيض، مثلا، حشرات تتغذى على الخشب وتعيش في مستعمرات كبيرة. وتلك التي تبحث عن الطعام تدعى العاملات، التي يعيش داخل أحشاء كل منها آلاف من الأولانيات (وحيدات الخلية)، خصوصا وحيدات الخلية الشعرية. وهذه تهضم رقاقات الخشب الصغيرة الغنية بالسلولوز التي تبتلعها العاملات وتطلق مغذيات تسمح للنمل الأبيض والمستعمرة بالعيش.

القلونسة
القبة
الإنفحة
الكرش

▲ يشمل الجهاز الهضمي للمواشي معدة كبيرة مكونة من أربعة أقسام هي (بالترتيب): الكرش، القلونسة، القبة، الإنفحة.

◀ تظهر صورة المجهر الضوئي هذه وحيدات الخلية الشعرية التي يبلغ طولها 200 مكرومتر، وهي تستعمل سياطها المتعددة للتحرك داخل أحشاء النملة البيضاء. التكبير 500x



مضغ الجرة

مع أن المواشي أكبر حجما بكثير من النمل الأبيض، إلا أنها تواجه مشاكل هضمية مشابهة. تنتمي المواشي إلى مجموعة من آكلات الأعشاب تدعى المجترات، تشمل أيضا الخراف والزراف. وتتألف معدة المجتر من أربعة أقسام أحدها عبارة عن كرش كبير يوفر موئلا دافئا لمليارات البكتيريا والأولانيات (وحيدات الخلية). وحين ترعى البقرة تأكل العشب الغني بالسلولوز الذي يهضم في الكرش بواسطة الميكروبات الموجودة فيه. يرجع الطعام المهضوم جزئيا إلى الفم ("الجرة") ليمضغ مجددا قبل أن يعود إلى الكرش. وتكتمل عملية الهضم في القبة والأمعاء، حيث تهضم بعض الكائنات الدقيقة المفيدة والغنية بالمغذيات أيضا.



◀ تدخل عاملات النمل الأبيض وتخرج من عشها أثناء بحثها عن الخشب وغيره من الغذاء النباتي من أجل بقية سكان المستعمرة، مثل "الجندي" الواضح في مركز الصورة. التكبير 8.5x

▶ يبدو هذا الدب الكسلان (بمقدم عنقه البني وأصابع قدميه الثلاثية) مائلا إلى اللون الأخضر، بسبب بكتيريا الزراقم المخضرة في فرائه الأشعث الخشن. في الغابة المدارية المطيرة التي يعيش فيها، يوفر اللون الأخضر التمويه لهذا الحيوان بطيء الحركة، مما يجعله أقل عرضة لخطر النسور وغيرها من الحيوانات المفترسة.

▲ تظهر صورة المجهر الإلكتروني النافذ هذه نوعا من البكتيريا يوجد داخل كرش البقرة. فإلى جانب بعض الأولانيات، تفكك هذه البكتيريا المواد النباتية التي يتعذر على البقرة هضمها. التكبير 100.000x

التقاط أشعة الشمس

الزراقم والطحالب (الأولانيات) كائنات مجهرية دقيقة تصنع الغذاء بنفسها باستخدام طاقة أشعة الشمس (التخليق الضوئي). بعضها يكّون شراكات مع الحيوانات الأخرى. فالرخويات العملاقة (التي تجمعها صلة قرابة مع المحار الذي يعيش في مياه البحار المدارية الضحلة) حين تقف بشكل عمودي، تفتح أصدافها لسحب تيار من مياه البحر الذي يحمل جسيمات الطعام. وهذا يكشف أيضا غطاءها المكون من نسيج ناعم يضم كتلا من الطحالب التي تستخدم ضوء الشمس لصنع الغذاء، وبذلك تزود الرخويات بمصدر حيوي من السكريات الغنية بالطاقة. بعض الحيوانات البحرية الأخرى، كالمرجان، تحوي أيضا هذه الكتل من الطحالب. أما العلاقة القائمة بين الدب الكسلان والزراقم فمن نوع مختلف، إذ تنمو الزراقم الخضراء، في ظروف البيئة الدافئة والرطبة للغابة المدارية، داخل الفراء السميك والطويل للدب الكسلان. هذا التلون بالأخضر يمكن الدب الكسلان من الاندماج بمحيطه ويحميه من الضواري.

▶ منظر علوي للفتحة في صدفة أحد الرخويات العملاقة. النسيج الناعم (أو الغطاء) ناصع اللون ومتداخل مع حافة الفتحة، حيث تعيش طحالب في علاقة تكافلية توفر الغذاء للحيوان الرخوي.

طفيليات عنيدة

تعيش الطفيليات داخل / أو على كائنات حية أخرى. ومثلما رأينا آنفا، تسبب البكتيريا والفيروسات الطفيلية المرض، لكن هناك كائنات أخرى تسبب المرض أيضا. الأولانيات، التي تنقلها الحشرات، تسبب أمراضا فتاكة، كمرض النوم والملاريا، بينما تسبب الديدان المدورة داء الفيل. هذه الطفيليات عنيدة ومثابرة تخدع النظام المناعي بسهولة، بحيث يصعب القضاء عليها، حتى باستعمال الأدوية. لكن أولانيات أخرى، كالجياردية (جنس من الطفيليلت السوائط)، يمكن معالجتها بنجاح.

▼ **يمكن رؤية اثنتين من طفيليات المتصورة في صورة المجهر الإلكتروني النافذ هذه من خلال مقطع عرضي لخلية دم حمراء. تسبب المتصورة الملاريا، وذلك أثناء نموها وتكاثرها داخل خلايا الدم الحمراء. التكبير 9125x**

مرض النوم

على امتداد إفريقيا الوسطى، يتعرض الناس لخطر ذبابة كبيرة لاسعة تدعى تسي تسي، التي يمكنها نشر أولانيات (وحيدات خلية) فتاكة عندما تتغذى على الدم البشري. تسبب هذه الأولانيات (المعروفة باسم المثقبيات) داء المثقبيات أو مرض النوم. عندما تلسع ذبابة تسي تسي شخصا، تدخل المثقبيات إلى مجرى الدم، وتتكاثر، وتصل إلى الدماغ في نهاية المطاف. في البداية يشعر المصاب بالضعف والإرهاق (ومن هنا أتت التسمية «مرض النوم»)، لكن في النهاية يؤدي المرض إلى الغيبوبة والموت. يبلغ عدد المصابين بالمرض حاليا 300,000، إضافة إلى 25,000 يصابون به كل سنة.

◀ **في صورة المجهر الإلكتروني الماسح هذه، تبدو المثقبيات البروسية (جنس من الأولانيات الطفيلية) التي تسبب مرض النوم تتلوى بين كتلة من خلايا الدم الحمراء. التكبير 5.000x**



◀ **تثقب ذبابة تسي تسي (اللاسنة اللاسعة) الجلد البشري لتتغذى على الدم، مطلقة الطفيليات الأولانية المسببة لمرض النوم التي تحملها. التكبير 8x**

التعرق والحمّيات

تنتشر الملاريا في المناطق المدارية وشبه المدارية، بما فيها إفريقيا الوسطى، وأمريكا الجنوبية، وجنوب شرق آسيا. وهي تصيب حوالي 200 مليون شخص وتقتل مليونين من الضحايا كل عام. تنتقل طفيليات الملاريا (أولانيات تدعى المتصورات) من شخص لآخر بواسطة بعوض الانوفيليس. عندما تثقب أنثى البعوض المصابة الجلد للتغذي على الدم، تحقن طفيليات المتصورة داخل مجرى الدم. ثم تهاجم هذه الطفيليات الصغيرة خلايا الدم الحمراء حيث تنمو وتتكاثر. عندئذ، تنفجر خلايا الدم مطلقة مجموعة من الطفيليات التي تغزو المزيد من خلايا الدم. يؤدي تفجر خلايا الدم هذا إلى ظهور أعراض الملاريا، حمى مترافقة برعدة شديدة، تبلغ فيها درجة حرارة الجسم 40 مئوية ويتدفق العرق الغزير منه.



▶ تبدو الرجل اليسرى لهذا الشخص متورمة الجلد (مما يجعله شبيها بجلد الفيل). وهذا عارض نمطي لداء الفيل. ينجم المرض عن انسداد الأوعية اللمفية بالديدان المدورة (الفخرية البنكروفتية).

▲ تظهر هذه الصورة الضونية المجهرية دما بشريا يحتوي على الميكروفيلاريا (الديدان المدورة في مرحلة ما قبل اليرقة) المسببة لداء الفيل، حيث لا يتجاوز طولها هنا 250 مكم. التكبير 500x

اضطرابات معوية

لا تحقن الحشرات جميع الأولانيات من العوامل الممرضة في مجرى الدم. فالجياردية اللمبلية تصيب الأمعاء الدقيقة، مسببة إسهالا وغازات نتنة الرائحة (داء الجياردیات). تنتقل هذه الطفيليات عن طريق الماء أو الطعام الملوثين بأكياس الجياردية الموجودة في براز الحيوانات أو البشر. شوهدت الجياردية لأول مرة عام 1681 من قبل عالم الأحياء المجهرية انتوني فان ليوينهوك. خلال نوبة إسهال حاد، نظر بالمجهر إلى عينة من برازه ولاحظ أنه يعج بمخلوقات صغيره كمثرية الشكل.

◀ تظهر هذه الصورة بالمجهر الإلكتروني الماسح واحدة من الأولانيات الطفيلية (الجياردية اللمبلية) داخل الأمعاء الدقيقة. تستخدم هذه الأولانيات، التي لا يتجاوز طولها 10 مكم، أقراصا لاصقة للتشبث بجدران الأمعاء الدقيقة. التكبير 2100x

تهديد الديدان

ينتشر داء الفيل المداري بواسطة البعوض أيضا، لكن تسببه ديدان مدورة لا أولانيات. يصيب المرض 100 مليون شخص في أمريكا الجنوبية، وإفريقيا الوسطى، وآسيا، ويؤدي إلى تورمات وخيمة في الأطراف. حين يتغذى البعوض المصاب، يحقن يرقات الديدان المدورة («الفخرية البنكروفتية») في مجرى الدم. تدخل اليرقات الصغيرة الأوعية اللمفية، وهي شبكة من الأنابيب التي تفرغ السوائل من أنسجة الجسم إلى مجرى الدم. هنا، تنمو اليرقات إلى ديدان بالغة أكبر حجما وتسد الأوعية اللمفية، مما يراكم السوائل داخل الأنسجة، فتتورم وتنتفخ.

الحياة على البشر

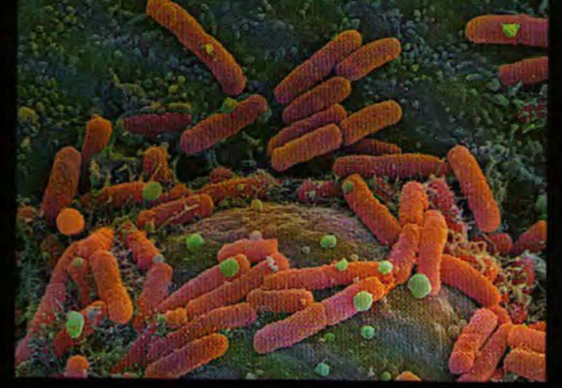
تشكل أجسامنا منذ الولادة موئلا لأنواع مختلفة وعديدة من البكتيريا والفطريات. تحتل هذه الكائنات المجهرية الدقيقة السطوح الخارجية (الجلد والعينين) والداخلية للجسم، بما فيها الأنف والفم والأمعاء الغليظة. في الأحوال العادية، يحمل جسم أي شخص حوالي 1,000 تريليون من الكائنات المجهرية الدقيقة - أي عشرة أضعاف عدد خلايا الجسم البشري - تعيش غالبيتها بشكل دائم وتتعايش معه دون أن تسبب أي ضرر، بل تساعده على تدمير العوامل الممرضة. الجسم مأوى أيضا لحيوانات دقيقة، تشمل مثلا سوس الأهداب غير المؤذي، وأخرى انتهازية مؤذية، كالقمل وسوس الحكة.



▲ طبعة راحة اليد هذه مكونة من مستعمرات من الميكروبات الجلدية. فقد ضغطت على هلام الأغار مخلفة بكتيريا وفطريات تكاثرت لتشكل المستعمرات الواضحة هنا.

سكان الأمعاء

يؤوي القولون الدافئ الرطب (أطول قسم من الأمعاء الغليظة) أكبر عدد من البكتيريا مقارنة بأي جزء آخر من الجسم. تساعدنا هذه التريليونات من البكتيريا غير الضارة في أغلبها بطرق مختلفة. إذ توفر بكتيريا القولون الحماية من العدوى عبر إنتاج مواد كيميائية تردع أو تقتل العوامل الممرضة. كما تصنّع فيتامينات B وفيتامين K، وهي مغذيات أساسية يمتصها دمنا. وتهضم الطعام الذي لا تستطيع المعدة هضمه، وهي عملية تطلق حوالي 500 ميليلتر من الغازات يوميا. تشكل البكتيريا ما يقارب 30٪ من البراز (أكثر من 100 مليار بكتيريا يوميا)، ومن هنا تظهر الحاجة إلى غسل اليدين بعد دخول المرحاض.



▲ تظهر صورة مجهر الالكتروني الماسح هذه بطانة المعي الغليظ مغطاة ببكتيريا الاشريكية القولونية (النبوتية الشكل)، التي لا يتجاوز طول الواحدة منها 4 مكرومتر. وهي نوع من الأنواع العديدة من البكتيريا الموجودة في الأمعاء في العادة. لا تسبب هذه البكتيريا أي ضرر. التكبير 360x



▼ ثلاث من الدويديات الجريبية (سوس الأهداب) تبرز خارجة من مأواها في جريب الشعرة. كما تبدو في صورة المجهر الالكتروني الماسح هذه. التكبير 360x

على السطح

كل سنتيمتر مربع من جلدنا مغطى بعدد يتراوح بين عشرة آلاف ومليون من الميكروبات، تبعا لرطوبة الجلد (كلما زادت الرطوبة زاد العدد). لكن ليس من السهل عليها البقاء هنا. إذ يقتل العرق المالح والإفرازات الزيتية القاتلة للجراثيم العديد من الكائنات المجهرية. أما البكتيريا والفطريات التي تبقى مستقرة على الجلد فهي غير ضارة عادة. علاوة على أنها تشكل تجمعات تمنع العوامل الممرضة من العيش عليه، الأمر الذي يساعد على بقائه سليما. وبالإضافة إلى الميكروبات، فإن معظمنا لا يعرف أن أعدادا من سوس الأهداب، التي لا يتجاوز طول الواحدة 0,25 مم (وتجمعها صلة قرابة بالعناكب)، تحشر نفسها داخل الجريبات (حفر في الجلد) التي تنمو منها الأهداب. هنا، تعيش على خلايا الجلد الميتة والإفرازات الزيتية.



الحشرات المتشبثة بالشعر

القمل حشرات عديمة الأجنحة تثقب الجلد (البشري) لتتغذى على الدم مسببة حكة مزعجة. يتشبث قمل الرأس بشدة بالفروة مستخدما مخالبه المنحنية، الأمر الذي يجعل من الصعب التخلص منه. ينتقل قمل الرأس، الشائع بين الأطفال، بالقفز من رأس لآخر. تضع الأنثى مجموعات من البيوض يوميا (تدعى الصئبان)، وتلصقها بالشعر باستخدام مادة «صمغية» قوية فعلا. الغسل العادي للشعر لا يكفي للتخلص من القمل أو الصئبان. بل يجب استعمال مستحضر (شامبو) خاص قاتل للقمل، بالإضافة إلى مشط ناعم لإزالة الصئبان والقمل الميت.

حكة شديدة

هنالك سبب وجيه يدعو إلى تسمية سوس الجرب الجلدي بالسوس المسبب للحكة أيضا. إذ تحفر أنثى السوس في الجلد، بواسطة الأجزاء الثاقبة من فمها، أنفاقا يبلغ طولها في بعض الأحيان سنتيمترين اثنين وتضع فيها بيوضها. تفقس الأجيال الجديدة من البيوض بخلال بضعة أيام. هذا المزيج من الأنفاق وبراز السوس يهيج الجلد، ويؤدي إلى مرض يدعى الجرب، يسبب حكة شديدة خصوصا في الليل. وبالرغم من انتقال السوس بسهولة من شخص لآخر، إلا أن الإصابة بالجرب نادرة الحدوث ويمكن معالجتها باستخدام دهونات قاتلة للسوس.

◀ يبلغ طول قملة الرأس (البشري) في صورة المجهر الالكتروني الماسح هذه 3 مم، تظهر، وهي متشبثة بشدة (ورأسها إلى الأعلى) بثلاث شعرات من الفروة، باستخدام أرجلها المخلبية الست. التكبير 80x

▼ تظهر صورة المجهر الالكتروني الماسح هذه أنثى سوس الجرب، التي يبلغ طولها 0.5 مم، على الجلد. الأشواك المتجهة إلى الخلف تعيق نزعها من الأنفاق التي حفرتها على الجلد. التكبير 260x

الدورات الطبيعية

الكائنات الحية مكونة من مواد أساسية، كالكربون والنيتروجين. هنالك مورد محدودة من هذه المواد، ولذلك يجب إعادتها أو تجديدها ومعالجتها عندما تموت الكائنات الحية لكي تستمر الحياة. تلعب الكائنات المجهرية والحيوانات الدقيقة في التربة دورا أساسيا في تجديد ومعالجة البقايا الميتة والمتفسخة، مطلقة في البيئة مواد قابلة للاستعمال مرة أخرى. أما التبادل المستمر للمواد بين البيئة والكائنات الحية فيدعى الدورة الطبيعية.

غاز النيتروجين في الغلاف الجوي

يشكل البرق كميات صغيرة من النترات

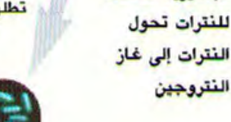
النباتات الميتة وبراز الحيوانات

النباتات تؤكل كغذاء









البكتيريا المثبتة للنيتروجين في العقيدات الجذرية

المفككات تطلق الأمونيا

نترات تمتصها النباتات

البكتيريا المفككة للنترات تحول النترات إلى غاز النتروجين

البكتيريا المثبتة للنيتروجين في التربة

البكتيريا المنترتة تحول الأمونيا (النشادر) إلى نترات

النترات في التربة

◀ دورة النيتروجين: تشير الأسهم إلى كيفية تحرك النيتروجين المستمر بين الكائنات الحية ومحيطها الجامد (غير الحي).

دورة النيتروجين

تستخدم الكائنات الحية النيتروجين لصنع مواد أساسية كالبروتينات والحمض النووي. تمتص النباتات النيتروجين من التربة على شكل نترات وتحصل الحيوانات على النيتروجين من النباتات. تأتي النترات من مصدرين أساسيين - مثبتات ومفككات النيتروجين. البكتيريا المثبتة للنيتروجين «تثبت» غاز النيتروجين في الهواء، وتجمعه مع الأوكسجين لصنع النترات، حيث يوجد بعضها بشكل مستقل في التربة، ويعيش بعضها الآخر في عقيدات جذر النبات. تفكك الفطريات والبكتيريا (المفككة) النباتات والحيوانات الميتة، مطلقة الأمونيا (النشادر) الحاوي على النيتروجين. الذي يتحول بدوره إلى نترات البكتيريا المنترتة. تكتمل الدورة عندما تطلق البكتيريا المفككة للنترات غاز النيتروجين من نترات التربة لتعيده إلى الهواء.

التكبير 30.000x

◀ تظهر صورة المجهر الإلكتروني الماسح هذه بكتيريا المستجذرة المثبتة للنتروجين. يبلغ طول هذه البكتيريا التي تلتصق بالشعيرات الجذرية لنبات البازلاء 1,5 مكرومتر.



▲ دورة الكربون – يعبر الكربون باستمرار بين ثاني أكسيد الكربون في الهواء والمواد التي تحوي الكربون في الكائنات الحية.

◀ رفاصية الذيل هذه التي يبلغ طولها 1 مم، هي واحدة من حشرات التربة عديمة الأجنحة التي تتغذى على بقايا النباتات. التكبير 190x

دورة الكربون

يشكل الكربون الدعامة الرئيسية للجزيئات التي تبني وتشغل الكائنات الحية. ويأتي هذا الكربون بشكل مباشر أو غير مباشر من ثاني أكسيد الكربون في الهواء. فالنباتات تأخذ ثاني أكسيد الكربون أثناء عملية التخليق الضوئي، وتستعمله لصنع السكريات الغنية بالطاقة والمواد التي تبني النبات. وحين تأكل الحيوانات النباتات، تعبر إليها المواد التي تحتوي على الكربون. وتحصل الحيوانات والنباتات على الطاقة من السكريات عبر التنفس الخلوي، الذي يطلق بدوره ثاني أكسيد الكربون في الهواء. عندما تموت الحيوانات والنباتات، تتفسخ بقاياها أثناء تحللها بواسطة مفككات التربة، التي تتنفس وتطلق ثاني أكسيد الكربون في الهواء. ويكمل إطلاق ثاني أكسيد الكربون دورة الكربون.

الحياة في التربة

تحتوي كل حفنة تراب، بالإضافة إلى جسيمات الصخور والمواد الميتة، على مئات من الحيوانات الدقيقة، وملايين من الفطريات المجهرية، ومليارات من البكتيريا التي تعرف جميعا بالمفككات. تحلل هذه الكائنات الدقيقة بقايا الحيوانات والنباتات الميتة، مطلقة في البيئة عناصر حيوية أساسية كالكربون والنيتروجين لكي تستخدم مجددا. تمتص جذور النباتات المغذيات، كالنترات، التي تطلقها المفككات في التربة، لتجعلها مستنبتا مثاليا لنمو النباتات.



▶ تُظهر صورة المجهر الضوئي هذه المتقورنة (جنس من الحيوانات الأوالي من رتبة دواميات السياط)، التي يبلغ طولها 300 مكرومتر، وتوجد في العوالق النباتية البحرية. للمتقورنة أشواك طويلة تساعدها على العوم، وسياط تحركها باتجاه ضوء الشمس.



الحياة في المحيط

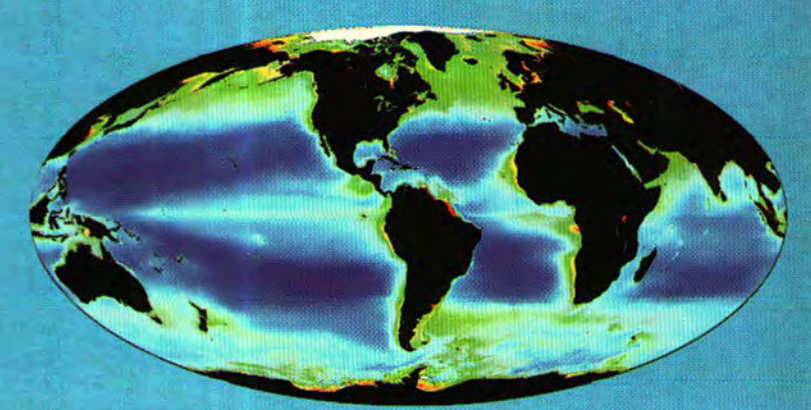
تغطي المحيطات 70٪ من سطح الأرض. وتعتمد جميع الكائنات الحية في المحيطات على العوالق، أو مليارات الكائنات العضوية الدقيقة التي تطفو قرب السطح. وهذه تشمل العوالق النباتية الشبيهة بالنبات والعوالق الحيوانية (الأوالي والحيوانات الدقيقة). العوالق هي الكائنات «المتجولة» - والعديد منها قادر على السباحة، لكن التيارات البحرية تجرفها معها بسبب حجمها البالغ الصغر.

العوالق النباتية

تحتوي العوالق النباتية على اليخضور وأصبغة أخرى «تحتجز» ضوء الشمس وتستخدمه لصنع غذائها بواسطة التخليق الضوئي. تشمل العوالق النباتية الطحالب (أولانيات شبيهة بالنبات)، مثل دواميات السياط، إضافة إلى الزراقم. المهم هنا أن هذه الكائنات الحية توفر الغذاء للعوالق الحيوانية إضافة إلى مخلوقات المحيط الأخرى كلها. كما أنها تطلق الأوكسجين في الهواء.

توزع غير متكافئ

لا تنتشر العوالق النباتية بشكل متكافئ في المحيطات، ولكنها تزدهر وتكثر حيثما وجدت مياه تحتوي على مستويات مرتفعة من المغذيات، كالنيتروجين. توجد هذه المستويات العالية من المواد المغذية في المياه الباردة نظرا لأن التيارات تجلب المياه الغنية بالمغذيات من الأعماق حيث تتفسخ المخلوقات الميتة ويعاد تجديدها. وتوجد أيضا حيثما تجرف الأنهار المواد المغذية إلى البحر. لذلك فإن كميات العوالق النباتية أقل بكثير في المحيطات المدارية حيث يقل التداخل ما بين مياه السطح ومياه العمق.



▲ صورة القمر الصناعي هذه مأخوذة من مشروع لوكالة الفضاء الأمريكية. تستخدم الألوان هنا لإظهار توزع العوالق النباتية في المحيطات. المناطق الحمراء تحوي اكبر عدد من العوالق النباتية، ثم البرتقالية، فالصفراء، فالخضراء، ثم الملونة بالأزرق الفاتح والداكن التي تحوي أقل عدد من العوالق النباتية.

العوالق الحيوانية

تحتوي عوالق البحر الحيوانية على معظم أنواع مخلوقات البحر. بعضها، كالجادف، يقضي حياته كاملة طافيا ضمن العوالق. بعضها الآخر، كيرقات قنديل البحر وشائكات الجلد (مثل نجم البحر)، بالإضافة إلى القشريات والأسماك، يمضي فترات حياته الأولى ضمن العوالق، لكن سرعان ما يغادرها عند البلوغ. تشمل أنواع العوالق الحيوانية أيضا الأواليات، بما فيها شعيات القدم والمثقّبات، التي تمتلك هياكل عظمية هشة تتكون أساسا من السيليكا وكربونات الكالسيوم.

الحوت القاتل

خنزير البحر

سمك القد

سمك الرنكة

العوالق الحيوانية

العوالق النباتية

التكبير 500x

◀ تشكل العوالق الحلقة الأولى في سلسلة المحيط الغذائية، كهذه السلسلة. تشير هذه الأسهم إلى من يأكل من – على سبيل المثال، يأكل سمك الرنكة العوالق الحيوانية – وتظهر اتجاه مرور الطاقة والمغذيات من كائن إلى آخر.

◀ المشطورات هي أكثر أنواع الطحالب وفرة في العوالق النباتية البحرية. هيكلها الخارجي مكون من السيليكا، وينقسم إلى جزئين يتطابقان مثل الصندوق وغطائه. وكما تظهر صورة المجهر الضوئي هذه، تتفاوت أنماط الهياكل (الأصداف) المعقدة للمشطورات تفاوتا كبيرا.

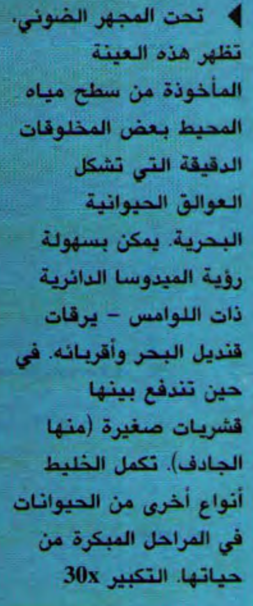
سلاسل الغذاء البحرية

تربط السلسلة الغذائية ستة أنواع من الكائنات الحية في بيئة معينة وفقا لما تأكله وما يأكلها. يقبع في القاعدة المنتج – كائن نباتي أو شبيه بالنبات – يستخدم ضوء الشمس لاقتناص الطاقة التي تعبر إلى مخلوقات أعلى مرتبة في السلسلة. العوالق النباتية هي المنتج في المحيطات. وفي مثال السلسلة الغذائية في المحيط (انظر الصورة)، تأكل العوالق الحيوانية العوالق النباتية، التي يأكلها سمك الرنكة، فسمك القد، فخنازير البحر، ثم الحيتان القاتلة.

بقايا قديمة

عندما تموت العوالق، يغرق أي جزء صلب منها، كالهياكل والأصداف، إلى قاع البحر. تتراكم هذه البقايا الصغيرة عبر ملايين السنين لتكون طبقة سميكة تتحول إلى صخور في نهاية المطاف. وتشكل كربونات الكالسيوم الآتية من أصداف المثقبات الصخور الجيرية والطبشورية، لتتبدى كجروف بيضاء حيث تلتقي اليابسة بالبحر. أما أصداف المشطورات المكونة من السيليكا الشبيهة بالزجاج والأولانيات الأخرى فتشكل الصخور الرسوبية ذات الاستخدامات العديدة (مثلا: كمادة كاشطة في معجون الأسنان).





◀ تحت المجهر الضوئي، تظهر هذه العينة المأخوذة من سطح مياه المحيط بعض المخلوقات الدقيقة التي تشكل العوالق الحيوانية البحرية. يمكن بسهولة رؤية الميدوسا الدائرية ذات اللوامس – يرقات قنديل البحر وأقربائه. في حين تندفع بينها قشريات صغيرة (منها الجادف). تكمل الخليط أنواع أخرى من الحيوانات في المراحل المبكرة من حياتها. التكبير 30x



الحياة في الحدود القصوى

نشعر بعدم الارتياح في الصيف عندما تبلغ درجة الحرارة 40 مئوية، ولكن كيف سنتأقلم إذا بلغت 80 درجة مئوية، درجة الحرارة هذه ستهلكنا بالتأكيد، وتقتل غالبية الكائنات الحية الأخرى. وكذلك هي الحال إذا وضع كائن حي في غرفة تجميد، أو تعرض للإشعاع، أو نقع في الأحماض، أو سُفع بلهيب شمس الصحراء، أو دفن تحت الصخور. لكن بعض أنواع البكتيريا لا تبقى حية وسط هذه الظروف القاسية المستحيلة فقط، بل تنشط وتزدهر أيضا. هذه الكائنات الحية المرنة تعرف بالكائنات المغرمة بالعيش في الظروف البيئية القصوى



▲ أقوى أنواع البكتيريا في العالم (Deinococcus radiodurants)، التي لا تحتمل أقصى حالات الحرارة والبرودة والجفاف فقط، بل الإشعاع المميت أيضا. تظهر هذه الصورة بالمجهر الإلكتروني النافذ البكتيريا مرتبة بشكل رباعي (أربع خلايا مترابطة). يبلغ قطر كل منها 2,5 مكرومتر. التكبير 15.600x

الكائنات المغرمة بالعيش في الظروف القصوى

في متنزه يلوستون الوطني (في الولايات المتحدة الأمريكية)، تبدو الينابيع الحارة التي تنبثق من قشرة الأرض وكأنها تجعل الحياة مستحيلة بالنسبة لأي كائن. لكن البكتيريا المغرمة بالحرارة الشديدة، التي تستطيع تحمل درجات حرارة تبلغ 85 درجة مئوية أو أكثر، تنشط وتزدهر هنا. بل إن بعضها يعيش في المياه التي تكفي حرارتها وأحماضها لتذويب المعادن. في أعماق المحيط، تشمل أنواع البكتيريا المغرمة بالحرارة القصوى التي تعيش قرب المنافذ التي تصب المياه الحارة في قعر البحر، بكتيريا Pyrolobus fumarii، التي حطمت الرقم القياسي في تحمل درجات الحرارة القصوى، حيث استطاعت العيش في درجة بلغت 113 مئوية. أما الميكروبات المغرمة بالملوحة فتعيش في البحيرات المالحة، كالبحر الميت، حيث لا يستطيع أي كائن آخر تحمل هذه النسبة المرتفعة من الملوحة. بينما تعيش البكتيريا المغرمة بالبرودة في القطب الجنوبي حيث تنخفض درجات حرارة إلى 60 درجة مئوية تحت الصفر. هنالك أنواع أخرى من البكتيريا تتدبر أمر العيش داخل الصخور الصلبة على عمق 3 كيلومترات تحت سطح الأرض.

◀ سحب البخار تتصاعد من النبع الموشوري العظيم في متنزه يلوستون. الحلقات الصفراء والخضراء تشكلها أنواع مختلفة من البكتيريا التي تنشط وتزدهر بالرغم من درجات الحرارة المرتفعة.



الكائنات المقاومة للإشعاع

لا بد أن بكتيريا Deinococcus radiodurans أشد أنواع البكتيريا شغفاً بالعيش في الظروف القصوى. فاسمها اللاتيني يعني «العنبة العجيبة التي تتحمل الإشعاع»، ويكشف عن قدرتها الاستثنائية. تتألف الإشعاعات من حزم ألفا وبيتا وغاما ذات الطاقة العالية، التي تطلقها مواد مشعة قادرة على تدمير الكائنات الحية. تستطيع بكتيريا «العنبة العجيبة» تحمل التعرض لأكثر من 3,000 ضعف درجة الإشعاع التي يمكن أن تقتل أي شخص. كما أنها مقاومة لدرجات الحرارة القصوى، والبرد القارس، والمواد الكيميائية المخربة للخلايا، والتجفاف. وهنالك أبحاث تجرى الآن لمعرفة إذا ما كان بمقدور هذا الميكروب الخارق تحويل النفايات المشعة القاتلة إلى مواد أقل ضررا.

▲ تظهر صورة المجهر الإلكتروني الماسح هذه "دب الماء"، وهو من "الحيوانات بطيئة الحركة"، طوله حوالي 300 مكرومتر. تعيش هذه الحيوانات الدقيقة في الأماكن الرطبة، لكن باستطاعتها تعليق حياتها مؤقتا إذا ما أصاب الجفاف موئلها الطبيعي . التكبير 300x

تعليق النشاط الحياتي مؤقتا

غالبية البكتيريا ليست مغرمة بالعيش في الأوضاع القصوى، لكن العديد منها يتمكن من النجاة من الظروف الصعبة عبر التعليق المؤقت للحياة. فهي تشكل على ما يبدو أبواغا داخلية ميتة، يحيط بكل منها جدار سميك قادر على تحمل أقصى درجات الحرارة، أو البرودة، أو الحموضة، أو المواد الكيميائية السامة. تستطيع الأبواغ الداخلية البقاء عدة أيام أو عقود، أو حتى ملايين السنين. فإذا ما أصبحت الظروف ملائمة، تتمزق الأبواغ الداخلية وتنفتح، وتعود البكتيريا إلى الحياة. هنالك حيوانات دقيقة أخرى، تدعى «تارديغريد» (حرفيا: الحيوانات بطيئة الحركة) تتبنى استراتيجية مشابهة. فهذه الحيوانات المغرمة بالرطوبة تنجو من فترات الجفاف عبر سحب أرجلها الثماني البطيئة الحركة، وتجفيف جسمها، وإيقاف عملية الأيض (الاستقلاب)، وإفراز غطاء واق حول جسدها المتقلص. وهي تستطيع البقاء على هذه الحالة سنين عديدة، إلى أن تعود الظروف الحياتية المناسبة لتنتفخ وتدب فيها الحياة من جديد.

الكائنات القادمة من الفضاء؟

الفضاء شديد البرودة، وليس فيه هواء أو أوكسجين، ومعرض باستمرار لأشعة غاما القاتلة وإشعاعات كونية أخرى. لكن علماء الأحياء الفضائية (علماء يبحثون عن الحياة على كواكب أخرى) يقدمون الحجة على أنه إذا كانت الحياة قادرة على الاستمرار في أقسى الظروف على الأرض، فلماذا لا يصدق ذلك على الفضاء؟ بعضهم أكد أن النيازك أو المذنبات ربما حملت أبواغا بكتيرية داخلية. أو أن بكتيريا «العنبة العجيبة التي تتحمل الإشعاع» قد ارتقت في المريخ ثم سافرت إلى الأرض عبر الفضاء. بل اعتقدوا أن الحياة نفسها وصلت إلى الأرض منذ مليارات السنين على صخور محملة بالميكروبات من كواكب أخرى. خيال علمي أم حقيقة علمية؟ قد نعثر على الجواب يوما ما.



◀ الظروف في الفضاء الخارجي قاسية جدا. لكن أشار بعض العلماء إلى أن البكتيريا قادرة على البقاء حية هناك، بل ربما أتت إلى الأرض من كواكب أخرى.

موجز الفصل الثالث

أعداء أم حلفاء

هل الكائنات العضوية المجهرية عدو أم حليف؟ من المؤكد أنها تصيبنا بالأمراض الفتاكة التي تسببها، كالطاعون والإيدز والملاريا، بالإضافة إلى مجموعة من الأمراض الأقل خطورة، بدءا بالزكام وانتهاء بقدم الرياضي. لكن العلم لم يكشف الميكروب الذي يسبب المرض فقط، بل كيف يدافع الجسم عن نفسه، وكيف يمكن توقي الأمراض باستخدام التلقيح والمضادات الحيوية. لكن خطورة الأمراض تغطي على حقيقة أن قلة من هذه الميكروبات مضرة. فمعظمها حميد وبعضها حليف، يساعدنا مثلا في صنع الغذاء والدواء.

الميكروبات في الطبيعة

تفيد الكائنات المجهرية الأحياء جميعا حيث تلعب أدوارا أساسية في الدورات الطبيعية. فعندما تموت الكائنات، مثلا، تجدد الميكروبات بقاياها وتعالجها وتحولها إلى مواد نافعة، فيتجدد المورد المحدود من المغذيات التي تحتاجها الكائنات الحية للبقاء. في المحيطات، تشكل العوالق النباتية الصغيرة التي تحجز طاقة ضوء الشمس المصدر الغذائي لجميع الحيوانات البحرية، مطلقة في الوقت نفسه الأوكسجين ليتنفسه البشر والمخلوقات الأخرى. في الطبيعة، تشكل الميكروبات تحالفات مفيدة مع الكائنات الأخرى، بحيث تحسن فرص بقاء الطرفين. لكن بعض الشراكات تفيد شريكا على حساب الآخر، كحال الأولانيات والديدان الطفيلية التي تصيب الإنسان والحيوانات الأخرى بالمرض.

حبيبة بنسلين محاطة بمنطقة فراغ، حيث قتلت البكتيريا بواسطة المضاد الحيوي.

البقاء والازدهار

نحن نعلم أن الكائنات الدقيقة تفوق البشر عددا، وأنها وجدت على الأرض قبلهم بزمن طويل - ولربما كانت أول القطان الذين أتوا إليها من الفضاء الخارجي - وسوف تستمر في الوجود حتى بعد انقراض البشر بزمن طويل. بل إن بعضها يعيش ويزدهر في ظروف قصوى، ويتحمل أشد حالات البرد والحرارة والإشعاع التي يمكن أن تقتل كل كائن حي. وكما قال لويس باستور عندما اعترف بتفوقها «سيكون للميكروبات القول الفصل».

مراجع إضافية..



تعلم المزيد عن علم علماء الأحياء المجهرية على الموقع التالي:

www.microbeworld.org/htm/aboutmicro/abt_start.htm

شاهد فيلما كرتونيا عن اكتشاف لقاح شلل الأطفال على موقع:
www.bps.org/wgbh/aso/ontheedge/polio/

لمعرفة المزيد عن الميكروبات التي يحتمل وجودها في الفضاء اذهب إلى:
http://quest.arc.nasa.gov/projects/astrobiology/fieldwork/students.html

لقراءة المزيد عن بكتيريا «العنبة العجيبة المقاومة للإشعاع»، انظر
http://science.nasa.gov/newhome/headlines/ast14dec99_1.htm

انظر:
Microscopic Monsters by Nick Arnold (Scholastic, 2001).

عالم الأحياء الفضائية: يدرس احتمال وجود الحياة في الفضاء الخارجي.

اختصاصي التكنولوجيا البيولوجية: يدرس استخدام الكائنات الدقيقة في الصناعة، كالصناعات الدوائية والغذائية.

عالم الأحياء المجهرية البيئية: يستقصي استخدام الميكروبات لإزالة الملوثات من البيئة.

اختصاصي الأوبئة: يدرس الأمراض وكيف تنتقل عبر التجمعات السكانية.

اختصاصي المناعيات: يدرس الجهاز المناعي في الجسم، واستخدام اللقاحات لمكافحة المرض.



تعرف إلى المكان الذي اكتشف فيه البنسلين:

www.st-marys.nhs.uk/about/fleming_museum.htm

قم بزيارة لحديقة الحيوان المجهرية على موقع:
www.musee-afrappier.qc.ca/anglais/microzoo.htm

انظر الموقع التالي للحصول على مزيد من المعلومات حول علم المناعيات:
www.thinktank.ac

مسرد

الأبواغ: مضمومات (رزم) صغيرة من الخلايا تمكن الفطريات من التكاثر والانتشار.

الاستقلاب (الأيض): جميع العمليات الكيميائية التي تجري داخل الكائن الحي وتبقيه على قيد الحياة.

الإشعاع: إشعاعات أو جسيمات عالية الطاقة يمكن أن تؤذي الكائنات الحية.

الأغار: مادة هلامية مكونة من الأعشاب البحرية، تستعمل كمستنبت لزرع البكتيريا والفطريات.

الإلكترون: واحد من عدد من الجسيمات الصغيرة داخل الذرات، اللبنات الأساسية للمواد كلها.

الأمعاء: الأنابيب في الجهاز الهضمي للحيوان (والإنسان) حيث يجري هضم وامتصاص الطعام.

إنتاش: نمو من الأبواغ التي تطلقها الفطريات

الأنفلونزا: مرض جرثومي يسبب حمى وألما في المفاصل.

أهداب (مفردها: هدب): تركيبات شبيهة بالشعر توجد على السطح الخارجي لبعض الميكروبات تساعدها في الحركة.

الأوكسجين: غاز يوجد في الهواء وتستخدمه الكائنات الحية لإطلاق الطاقة أثناء عملية التنفس الخلوي.

البراز: الفضلات الصلبة التي تخرج من الكائن الحي.

بروتين نباتي: غذاء يصنّع من مصدر نباتي غني بالبروتين، كفول الصويا مثلا.

البروتين: واحد من مجموعة مواد تؤدي وظائف عدة في جميع الكائنات الحية، بما فيها البناء.

بقايا أوراق النبات: طبقة من المواد النباتية الميتة على التربة.

البلعمية: اسم عام لخلية دم بيضاء تطوق وتهضم الميكروبات الممرضة.

التبرعم: الطريقة التي تتكاثر بها بعض الكائنات المجهرية بواسطة برعم يشكل كائنا حيا كامل الحجم.

التخليق الضوئي: عملية تحدث في النباتات والطحالب والزراقم تستخدم طاقة ضوء الشمس لصنع الغذاء من ثاني أكسيد الكربون والماء.

التفكك/التحلل: العملية التي تتفكك عبرها المواد الميتة وتتحول إلى مواد بسيطة.

تريليون: رقم يساوي مليون مليون (1,000,000,000,000).

التكاثر: التضاعف، أو استيلاد الذرية.

التلقيح: حقنة تحتوي على عامل ممرض (أو ذيفان) ميت أو ضعيف لتوقي الأمراض.

تلقائي/عفوي: شيء يحدث فجأة بدون سبب واضح.

التلوث: إضافة مواد أو كائنات دقيقة مضرة للطعام أو الماء.

التنفس الخلوي: عملية تطلق عبرها الخلايا الطاقة من السكريات.



صورة بالمجهر الالكتروني الماسح للعقرب الزائف (الكاذب) التكبير ×48

ثاني أكسيد الكربون: الغاز الذي تطلقه في الجو الكائنات الحية كمخلفات ناتجة عن التنفس الخلوي.

الجسم المثمر: بنية تنتجها الفطريات تكوّن وتخزن وتطلق الأبواغ.

الجمرة الخبيثة: مرض بكتيري يصيب الماشية والبشر ويؤثر في الجلد والرئتين.

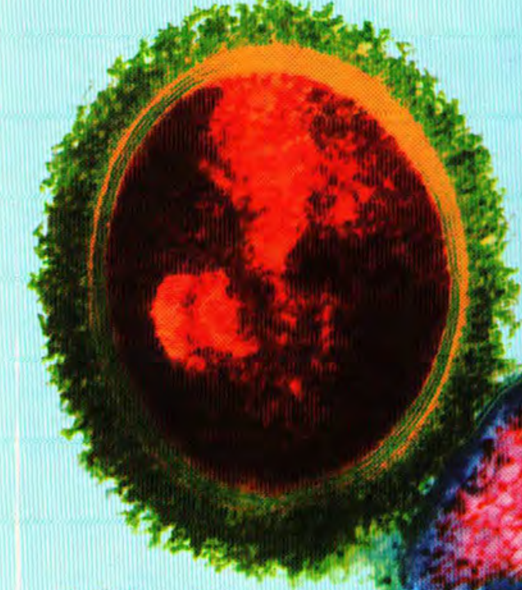
الجهاز المناعي: الجهاز الموجود في الجسم الذي يقيه من العدوى.

حمض: سائل مائي يمكنه إذابة المعادن، والكلس، وميناء الأسنان.

حمض الكربوليك: سائل استخدم في القرن التاسع عشر كأول مطهر لتوقي التهابات الجروح.

DNA (الحمض النووي المنزوع الأوكسجين): مادة كيميائية توجد في جميع الخلايا وتحمل التعليمات المطلوبة لبناء الكائن الحي.

RNA (الحمض الريبي النووي): المادة الكيميائية الموجودة في بعض الفيروسات التي تحمل التعليمات المطلوبة لإنتاج وبناء فيروسات جديدة.



صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ تظهر البكتيريا العقدية. التكبير 85.000x

الخلية: وحدة حية صغيرة تتكون منها الكائنات الحية.

الخيطان (مفردها: خيط): الخيوط المجهرية التي تكوّن معظم الفطريات، وتتغذى بواسطتها.

الذيفان: مادة تنتجها بعض العوامل الممرضة، تؤذي الكائنات الحية وتصيبها بالعدوى.

سلالة: نمط خاص من الأنواع أو الكائنات الحية.

السلولوز: المادة التي تتكون منها جدران الخلايا النباتية.

سياط (مفردها: سوط): الأجزاء البارزة الطويلة الشبيهة بالشعر، التي تحرك بعض أنواع البكتيريا والأولانيات.

السيليكا: مادة شبيهة بالزجاج تشكل أصداف بعض الأولانيات، وتوجد في الرمل أيضا.

الصباغ: مادة تعطي الكائن الحي لونه.

صورة مجهرية ضوئية: صورة ملتقطة بمجهر ضوئي.

الصورة المجهرية: صورة لكائن دقيق أو لجسم يرى عبر المجهر.

صورة المجهر الإلكتروني الماسح: صورة التقطت بالمجهر الإلكتروني الماسح.

صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ: صورة ملتقطة بالمجهر الإلكتروني النافذ.

الطاقة: قدرة الكائن العضوي على العمل (مثلا: الحركة).

الطحالب: أولانيات شبيهة بالنبات (مثل المشطورات).

الطفيلي: كائن حي يعيش على/ أو في كائن حي آخر، ويتغذى عليه.

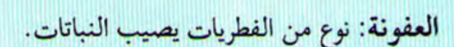
العدوى: غزو وتكاثر عامل ممرض في /أو على جسم كائن حي.

صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح تظهر صدفة إحدى المثقبات. التكبير 375x

علم الأحياء المجهرية: دراسة الكائنات الحية الدقيقة .

العامل الممرض: ميكروب يسبب المرض، يسمى أيضا جرثومة.

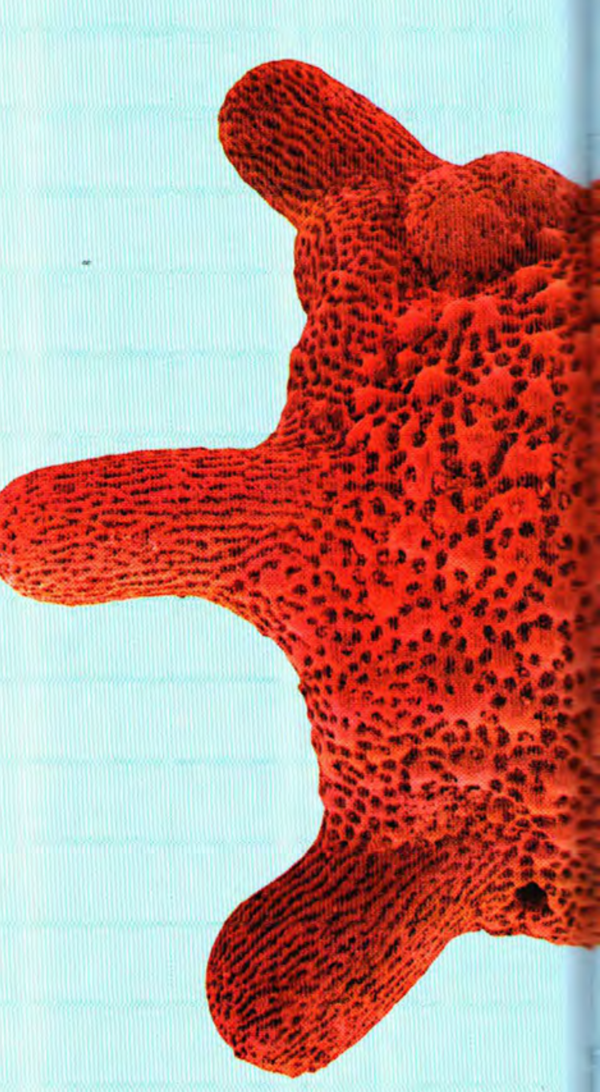
العدسة المحدبة: عدسة ذات سطحين ينحنيان إلى الخارج.



العفونة: نوع من الفطريات يصيب النباتات.

العفن: نوع من الفطريات المجهرية ينمو على الطعام ويفسده.

العوالق: كتلة من الكائنات المجهرية تنجرف على سطح مياه البحار والبحيرات.



الغشاء: طبقة رقيقة تحيط بالخلية.

القشريات: مجموعة من الحيوانات لها هياكل خارجية صلبة وأطراف متصلة، تشمل برغوث الماء والسرطان والكركند.

كربونات الكالسيوم (الطبشور): مادة بيضاء صلبة تشكل أصداف أو هياكل بعض الأولانيات.

كيميائية: اسم عام للمواد التي تشكل الكائنات الحية وغير الحية.

الماء الراكد: مياه تحتوي مواد متفسخة وتصدر رائحة نتنة.

متعدد الخلايا: كائن حي مكون من خلايا عديدة.

المجهر الإلكتروني: مجهر يستخدم حزمة من الإلكترونات، بدلا من الضوء، لإنتاج صورة.

المخاط: سائل واق، سميك ولزج، يفرزه الأنف والحلق.

المرض: فشل جهاز أو أكثر من أجهزة الجسم، بسبب عامل ممرض (في حالة المرض المعدي).

المغذيات: مواد يحتاجها الكائن الحي لتأمين الطاقة، والنمو الطبيعي، وترميم الجسم.

مضاد حيوي: دواء يستعمل لمعالجة العداوى البكتيرية.

المفككات: كائنات، ميكروبية في غالبيتها، تتغذى على المادة الميتة وتفككها.

مليار: رقم يعادل ألف مليون (1,000,000,000)

المناطق المدارية: المناطق الحارة القريبة من خط الاستواء.

المناعة: قدرة الجهاز المناعي في الجسم على وقايته من أمراض معينة.

صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح تظهر أحد الجوادف (رتبة من الحيوانات البحرية القشرية). التكبير 14x

ميكروب: اسم عام يطلق على الكائن المجهري الدقيق.

المواد الممتصة: مواد يأخذها كائن حي من البيئة المحيطة.

الميناء: الطبقة البيضاء القاسية التي تغطي السن.

النيتروجين: غاز يوجد في الهواء.

الوباء: تفشي مرض معد يصيب العديد من الأشخاص في الوقت نفسه.

وحيدات الخلية: كائنات حية مكونة من خلية واحدة.